



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

# **RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN PUTAR MOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51 MENGGUNAKAN SENSOR EFEK HALL**

## **TESIS**



**ELVANIS ROSALINDA**  
**06214048**

**PROGRAM PASCASARJANA**  
**UNIVERSITAS ANDALAS**  
**2008**

**Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Putar Motor  
Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Efek Hall**

Oleh :

Elvanis Rozalinda

(Di bawah bimbingan Akrajas dan Wildian)

**UNIVERSITAS ANDALAS**  
**RINGKASAN**

Sebagian besar mesin-mesin dan peralatan modern bekerja berdasarkan pemanfaatan prinsip rotasi pada salah satu atau beberapa komponennya. Informasi tentang laju perputaran diperlukan oleh seorang operator untuk mengontrol/mengatur laju putaran mesin sesuai dengan apa yang diharapkan.

Alat untuk mengukur kecepatan putar motor yang ada dipasaran saat ini menggunakan sensor cahaya. Pada penelitian ini penulis merancang bangun alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler dengan menggunakan sensor efek Hall. Sensor ini dapat mendeteksi adanya pengaruh medan magnet yang terdapat di sekitarnya.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika UNAND di mulai dari bulan Juni 2007 sampai dengan Maret 2008. Komponen yang digunakan adalah Mikrokontroler AT89S51, LCD, Sensor Efek Hall, catu daya, penguat LM 324, dioda tipe 1N4004, 1A 5 buah, jamper, transformator step down, kapasitor 1000 $\mu$ F 25V, kapasitor 470  $\mu$ F, IC LM7909, IC LM7809, IC LM7805, resistor 1 K $\Omega$ , dan LED.

Rancang bangun alat ukur kecepatan putar motor ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu rancang bangun perangkat keras (*hardware*) dan rancang bangun perangkat lunak (*software*). Rancang bangun perangkat keras terdiri dari rancang bangun catu daya, rancang bangun sistem sensor UGN3503U, rancang bangun Mikrokontroler AT89S51, dan rancang bangun karakter *LCD* 2 x 16 sebagai penampil. Sedangkan rancang bangun perangkat lunak meliputi perancangan program, pada penelitian ini penulis menggunakan program bahasa C. Program yang telah dibuat ditanamkan ke mikrokontroler menggunakan software AEC-ISP melalui *hardware* sistem minimum dan *konektor* atau *port parallel* DB 25. Uji perangkat lunak dilakukan dengan cara membandingkan hasil keluaran kecepatan putar motor alat yang dibuat dengan *Tachometer* acuan.

Prinsip kerja sensor efek Hall ini akan memberikan logika *high* jika ada besi yang lewat dan sebaliknya akan memberikan logika *low* jika tidak ada besi yang lewat. Prinsip kerja dari kecepatan putar motor ini dengan memasukkan sinyal ke mikrokontroler, maka waktu satu kali putaran diubah oleh mikrokontroler dalam bentuk rad/s kemudian ditampilkan ke *LCD* melalui Port 0.



**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN PUTAR MOTOR  
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51  
MENGUNAKAN SENSOR EFEK HALL**

Oleh :

**ELVANIS ROZALINDA**  
**06214048**

Tesis

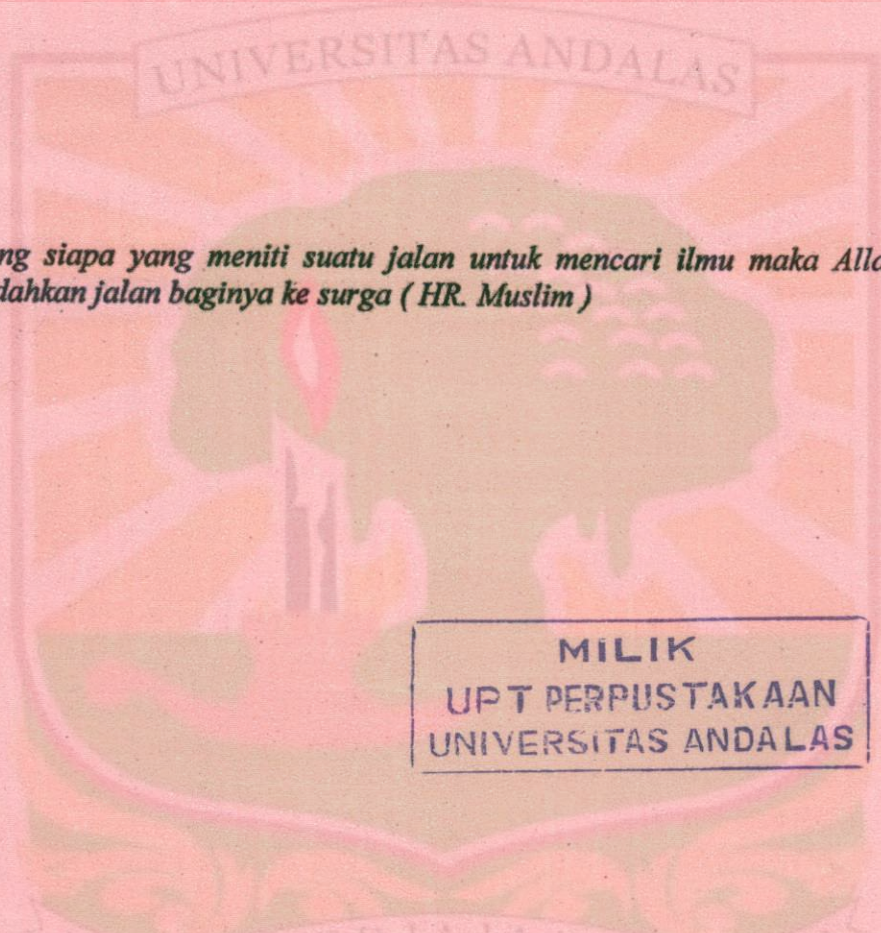
Sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Magister Sains  
Pada Program Pasca Sarjana Universitas Andalas

**PROGRAM PASCASARJANA**  
**UNIVERSITAS ANDALAS**  
**2008**



*" Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat (QS.Al Mujadalah:11 )*

*"Barang siapa yang meniti suatu jalan untuk mencari ilmu maka Allah akan memudahkan jalan baginya ke surga ( HR. Muslim )*



MILIK  
UPT PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS ANDALAS

*Ucapan terima kasih yang tulus kupersembahkan untuk orang-orang yang telah banyak membantuku dalam menyelesaikan penulisan ini. Kedua orang tuaku, suamiku, bagas, cantika, ni in, mbak ning, efil, ega, ni upik, adik-adik di labor Instrumentasi dan elektronika, teman-teman di SMA N 2 Sijunjung serta pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu.*



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sungai Dareh, Kabupaten Darmasraya, Sumatera Barat pada tanggal 2 Juni 1975 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari ayah H. Syafri Masri dan ibu Hj. Nurisma.

Penulis berturut-turut lulus dari Sekolah Dasar No. 2 Muaro tahun 1988, SMPN Muaro tahun 1991 dan SMAN 1 Kabupaten Sijunjung tahun 1993. Penulis memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor tahun 2000 dan mendapatkan AKTA IV pada Universitas Terbuka Padang tahun 2002.

Sejak tahun 2002 sampai dengan sekarang penulis ditugaskan sebagai guru di SMAN 2 Sijunjung. Pada tahun 2006 memperoleh kesempatan meneruskan pendidikan pada program Pascasarjana Universitas Andalas Padang.





## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya tulis dengan judul **“RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN PUTAR MOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51 MENGGUNAKAN SENSOR EFEK HALL”** adalah hasil kerja/ karya saya sendiri dan bukan merupakan jiplakan dari hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang sumbernya dicantumkan. Jika tesis ini tidak benar, maka status kelulusan dan gelar yang saya peroleh menjadi batal dengan sendirinya.

Padang, 19 Juli 2008

Yang menyatakan

**Elvanis Rozalinda**



## KATA PENGANTAR

*Bissmillahirrohmanirrohim*

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan menyusun Tesis ini dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada Bapak DR. Akrajas dan Bapak Drs. Wildian, M.Si sebagai Dosen Pembimbing, Ibu DR.Dian Fitriyani, Ibu Sri Handani, M.Si, Bapak Drs. Sri Mulyadi Dt. Basa, M.Si dan Bapak Afdal Muttaqin, M.Si sebagai dewan penguji. Bapak Prof.Dr.Ir. H. Nofirman Jamarum, M.Sc sebagai direktur Pasca sarjana. Seluruh staf pengajar jurusan fisika dan seluruh staf Pasca sarjana yang telah memberikan arahan, saran, dan sumbangan pikiran yang sangat berharga mulai dari persiapan, pelaksanaan sampai penulisan Tesis ini. Kedua orang tua ku Papa Syafri Masri dan Mama Nurisma, suamiku yang tercinta "*Heru Panca Putra*" dan kedua anakku "*bagas* dan *Cantika*" dan teman-teman lain yang tidak bisa penuliskan sebutkan satu persatu.

Tesis ini masih jauh dari sempurna, karena itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca penulis harapkan demi sempurnanya penulisan tesis ini.

*Alhamdulillah Robbil 'alamin.*

Padang, Juni 2008

Penulis.



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Landasan Teori .....	4
2.1.1. Gigi Roda .....	4
2.1.2. Sensor Efek Hall .....	7
2.1.3. LCD 2 x 16 character .....	10
2.1.4. Dasar-dasar Mikrokontroler .....	18
2.1.5. Mikrokontroler AT89S51 Single Chip .....	19
2.1.6. Pewaktuan Mikrokontroler AT89S51 .....	23
2.1.7. Bahasa Pemograman .....	23
2.1.8. Pengkalibrasian Alat .....	26

## METODE PENELITIAN

3.1. Bahan dan alat penelitian .....	27
3.2. Prosedur penelitian .....	28
3.3. Perancangan perangkat keras .....	28
3.3.1. Catu daya 5 v,+9v, - 9 v DC.....	28
3.3.2. Sensor UGN 3503 .....	30
3.3.3. Rangkaian Penguat LM 324 .....	31
3.3.4. Rangkaian Mikrokontroler AT89S51.....	32
3.3.5. Rangkaian <i>LCD 2 x 16 karakter</i> .....	33
3.4. Pengujian alat .....	35
3.5. Rancang bangun perangkat lunak .....	35
3.5.1. Diagram Alir .....	35
3.5.2. Menanamkan Program Ke Mikrokontroler AT89S51..	39

## HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perangkat keras .....	40
4.2. Hasil pengujian .....	41
4.3. Pembahasan .....	45

## KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan .....	47
5.2. Saran .....	47

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	48
-----------------------------	----

## LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

Nomor		Halman
1	Pin dan Fungsi LCD Karakter	11
2	Tipe data pada bahasa C	24
3	Pengujian kecepatan putar motor dari alat yang dibuat Dengan teori sebagai pembanding	42
4	Pengujian kecepatan putar motor dari alat yang dibuat Dengan alat acuan ( <i>Tachometer</i> ) sebagai pembanding	43
5	Data pengukuran kesalahan relatif	44
6	Jarak gigi roda terhadap sensor	45



## DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Diagram blok akat ukur kecepatan putar motor .....	4
2	Gigi roda .....	5
3	Hubungan panjang busur lintasan dengan waktu .....	7
4	Peristiwa yang terjadi pada Efek Hall .....	8
5	Gaya Lorenzt .....	8
6	Pinout sensor Efek Hall UGN3503U .....	10
7	LCD karakter 2 x 16 .....	11
8	Function set .....	12
9	Entry mode set .....	12
10	Tampilan on/off pengaturan kursor .....	13
11.	Membersihkan tampilan .....	14
12	Fungsi koreksi atau pencarian tampilan .....	14
13	Pengaturan posisi kursor .....	14
14	Peta memory LCD karakter .....	15
15	Contoh program inisialisasi LCD .....	16
16	Contoh fungsi LCD .....	16
17	Contoh fungsi wdata .....	17
18	Mikrokontroler AT89S51 .....	20
19	Konfigurasi pin mikrokontroler AT89S51 .....	21
20	Rangkaian skematik catu daya 5 V, +9 V, -9V .....	29
21	Rangkaian skematik sensor UGN 3503U .....	30



22	Rangkaian skematik penguat dengan LM324.....	31
23	Rangkaian skematik mikrikontroler AT89S51.....	32
24	Rangkaian skematik LCD Karakter 2 x 16.....	33
25	Rangkaian skematik lengkap alat ukur.....	34
26	Diagram alir .....	36
27	Listning program .....	37
28	Alat ukur kecepatan purar motor .....	40



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor

- 1 Rangkaian board catu daya
- 2 Rangkaian board sensor UGN3503
- 3 Rangkaian board penguat LM234
- 4 Rangkaian board Mikrokontroler AT89S51
- 5 Rangkaian board alat ukur kecepatan putar motor
- 6 Tahap-tahap menggunakan software M-IDE51
- 7 Data sheet penguat LM324
- 8 Data Sheet Mikrokontroler
- 9 Data sheet sensor UGN3503
- 10 Tachometer



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang latar belakang, batasan masalah, tujuan yang diharapkan dari penelitian yang dilakukan, dan manfaat yang dapat diambil dari penelitian yang dilakukan.

### **1.1. Latar Belakang**

Sebagian besar mesin dan peralatan modern bekerja berdasarkan pemanfaatan prinsip rotasi pada salah satu atau beberapa komponen seperti pada mesin-mesin industri, bidang otomotif ataupun di laboratorium sekolah. Sehingga informasi tentang laju putaran diperlukan bagi seorang operator dalam mengatur/mengontrol laju putaran mesin sesuai dengan apa yang diharapkan. Dengan mengetahui laju putaran roda mesin bisa diperhitungkan daya yang dihasilkan atau memperkirakan kerusakan pada mesin atau alat tersebut. Selain itu informasi tentang laju putaran juga diperlukan pada mobil, pada alat ukur kecepatan angin dan lain sebagainya.

Berdasarkan pengamatan penulis selama ini alat ukur kecepatan putar yang banyak digunakan adalah Tachometer dengan menggunakan sensor cahaya. Dalam tugas akhir ini penulis mencoba merancang bangun suatu alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek Hall. Mikrokontroler secara umum sama dengan komputer, namun kerja dan fungsinya jauh lebih sederhana dari pada komputer. Ukuran mikrokontroler lebih kecil dibandingkan dengan komputer dan memiliki 40 pin/kaki.



Pada penelitian ini, penulis mencoba menentukan nilai dari kecepatan putar terhadap gigi roda persatuan waktu. Sistem pencacahan ini dilakukan oleh PC berdasarkan instruksi yang diberikan kepadanya melalui bahasa C. Hasil pengukuran dapat langsung dilihat melalui tampilan *LCD*. Sistem ini merupakan pengembangan dari pencacah objek berbasis mikrokontroler oleh Hidayat (2004) dan sistem pengukuran kecepatan sudut yang dilakukan oleh Azmi (2004) di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika UNAND.

Dari penelusuran pustaka yang penulis lakukan, rancang bangun alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek Hall ini belum pernah dilakukan oleh kedua peneliti sebelumnya yang diacu dalam daftar pustaka.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Penelitian tentang rancang bangun alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek Hall dapat menghitung kecepatan putar gigi roda per satuan waktu. Data dari sensor diolah oleh mikrokontroler dan hasil pengolahan tersebut dikeluarkan melalui tampilan *LCD*.

### **1.3. Batasan Masalah**

Penelitian rancang bangun alat ukur putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek Hall dibatasi hanya pada pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai basis pengontrolan, *LCD* sebagai alat penampil, dan bahasa C



untuk penulisan instruksi yang akan menjalankan alat pengukur kecepatan putar motor tersebut.

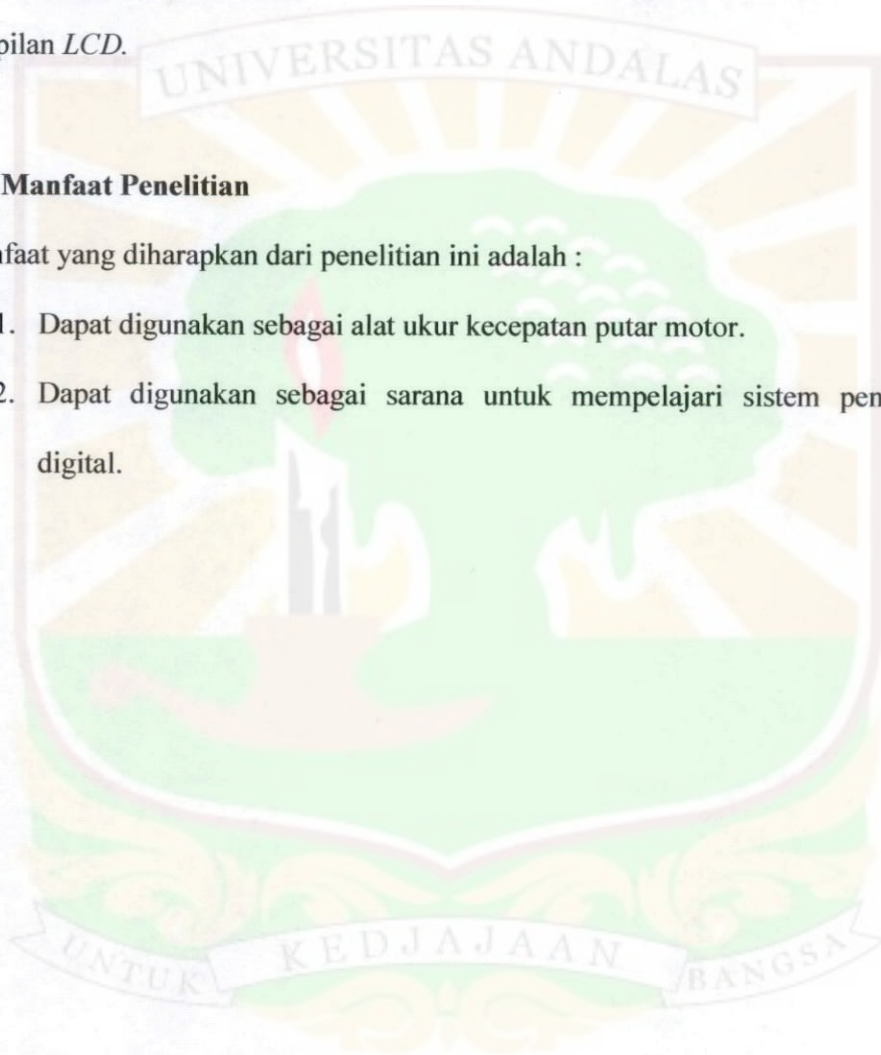
#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah merancang bangun alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek Hall dengan tampilan *LCD*.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat digunakan sebagai alat ukur kecepatan putar motor.
2. Dapat digunakan sebagai sarana untuk mempelajari sistem pencacah digital.

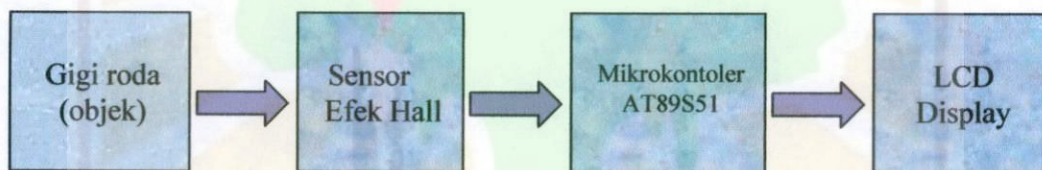


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Sejumlah penelitian telah dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Andalas menggunakan mikrokontroler AT89S51 dengan berbagai aplikasinya. Bertolak dari aplikasi yang didapat dari mikrokontroler ini, penulis mencoba menambah pengetahuan kita tentang aplikasi lain mikrokontroler AT89S51 yaitu merancang bangun alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek Hall.

Diagram blok sistem alat ukur kecepatan putar motor dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Diagram blok alat ukur kecepatan putar motor.

## 2.1 Landasan Teori

### 2.1.1. Gigi Roda

Gigi roda atau sistem transmisi berfungsi untuk mengatur besar kecilnya tenaga mesin. Secara manual, transmisi hanya memiliki satu tugas utama yaitu memecah tenaga mesin menjadi dua unsur, torsi dan putaran. Transmisi mengatur keduanya sesuai kebutuhan. Pada kecepatan rendah, mobil atau motor lebih membutuhkan torsi daripada putaran atau tenaga. Sehingga tenaga dari mesin



ditransfer dalam bentuk torsi yang tinggi tetapi putaran rendah pada posisi gigi perselling rendah. Pada kecepatan tinggi, mobil atau motor lebih membutuhkan putaran daripada torsi, sehingga perselling tinggi menyediakan putaran tinggi namun torsi rendah (Wijayanto, 2007).

Sistem transmisi dari beberapa kendaraan terdiri dari beberapa rangkaian roda gigi yang saling berpasangan, yaitu mata gigi pemutar dan alur gigi putar. Setiap pasangan gigi ini memiliki satu ratio gigi. Gigi roda yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2.** Gigi Roda.

Secara mekanik, dari motor atau mobil dihubungkan dengan gigi roda sehingga posisi sudut roda gigi keluaran dihubungkan ke posisi motor melalui perbandingan gigi  $1/n$  sehingga

$$\theta_o = \frac{1}{n} \theta_m \quad (2.1)$$

$\theta_o$  = posisi sudut keluaran roda gigi

$\theta_m$  = posisi sudut motor

Kecepatan putar motor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (2.2)$$

$\omega$  = kecepatan putar ( rad / s )

$\theta$  = sudut tempuh (rad )

$t$  = selang waktu ( s )

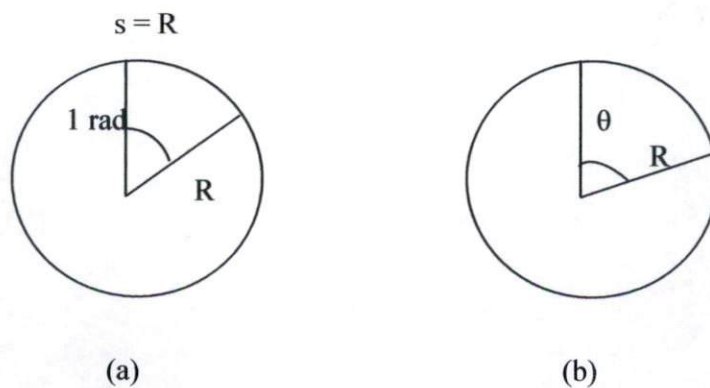
Objek yang berputar pada sumbunya memiliki sudut tempuh yang berubah terhadap waktu, dan perubahan sudut tempuh per satuan waktu ini dikenal dengan kecepatan sudut. Benda yang mengalami perputaran pada sumbu putar merupakan gerak rotasi yang dapat dijelaskan berdasarkan besaran sudut  $\theta$  yang dinyatakan dalam radian. Satu radian (1 rad) adalah besar sudut di pusat lingkaran yang panjang busurnya sama dengan panjang jari-jari lingkaran itu. Karena keliling lingkaran  $2\pi$  kali ( $2\pi = 6,28\dots$ ) jari-jari, maka dalam satu kali putaran penuh atau  $360^\circ$  terdapat  $2\pi$  atau 6,28 radian (Zemansky, 1994). Sehingga untuk satu kali putaran penuh kecepatan putar juga dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3 :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2.3)$$

$\omega$  = kecepatan putar (  $\pi$  rad/sekon )

$T$  = periode ( s )





**Gambar 2.3.** Hubungan panjang busur lintasan dan sudut tempuh (a) khusus untuk satu putaran penuh; dan (b) secara umum.

Secara umum (Gambar 2.2b.) jika  $\theta$  menyatakan suatu sudut yang dibuat oleh busur sepanjang  $s$  pada keliling lingkaran yang berjari-jari  $R$ , maka  $\theta$  (dalam radian) sama dengan panjang busur  $s$  dibagi jari-jari  $R$  :

$$\theta = \frac{s}{R} \quad (2.4)$$

$\theta$  = sudut putar

$s$  = panjang busur (m)

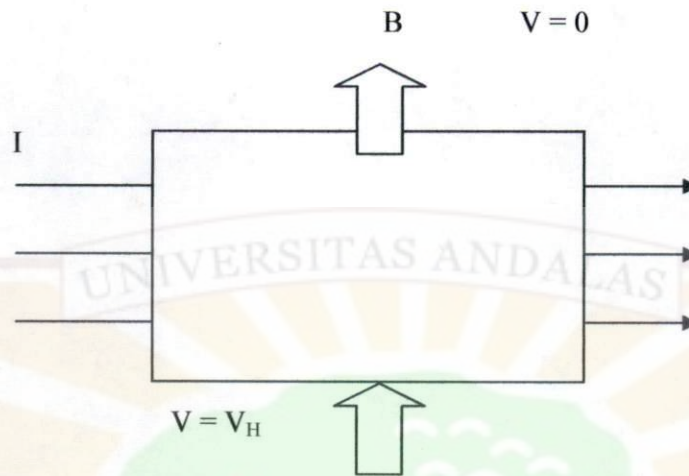
$R$  = jari-jari (m)

Sudut dinyatakan dalam radian, karena didefinisikan sebagai perbandingan panjang busur lintasan dengan panjang jari-jari lingkaran.

### 2.1.2. Sensor Efek Hall

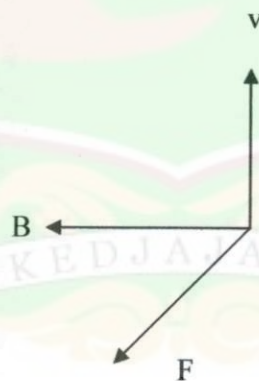
Sensor efek Hall dirancang untuk dapat merasakan adanya obyek magnetis berdasarkan perubahan posisi obyek. Efek Hall ditemukan oleh Dr. Edwin Hall tahun 1879 ketika menjadi seorang calon Doktor pada Universitas Jhon Hopkins

di Bal Timor. Peristiwa yang terjadi pada efek Hall dapat dijelaskan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4.** Peristiwa yang terjadi pada Efek Hall.

Ketika ada arus yang mengalir dalam medan magnet tegak lurus terhadap arah arus tersebut dimana  $e^-$  bergerak berlawanan arah dengan arah arus sehingga mengakibatkan timbulnya gaya Lorentz yang bergerak keluar bidang seperti Gambar 2.5.



**Gambar 2.5.** Gaya Lorentz.



Sehingga gaya Lorentz dapat dihasilkan dari persamaan 2.5.

$$F = qvB \sin \theta \quad (2.5)$$

$F$  = gaya Lorentz (N)

$q$  = muatan listrik ( C )

$v$  = kecepatan partikel bermuatan (m/s)

$B$  = induksi magnet ( T )

$\theta$  = sudut antara arah  $v$  dan arah  $B$

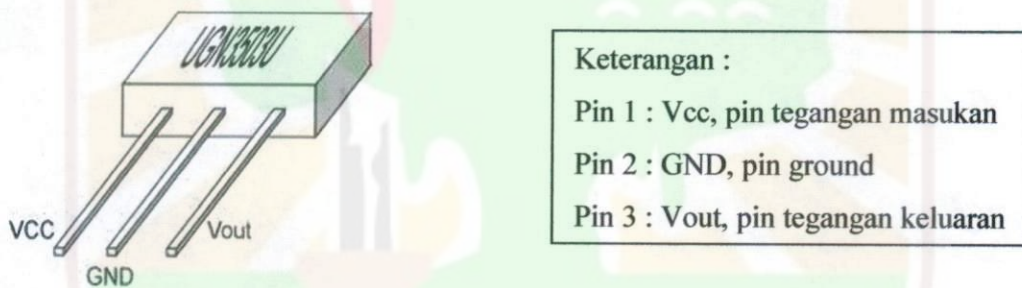
Gaya ini menyebabkan muatan bergerak pada salah satu sisi sehingga beda potensial sisi tersebut  $V=0$ , akibatnya akan terjadi perbedaan potensial pada sisi yang lainnya sehingga muncul potensial Hall yang terukur.

Sensor efek Hall merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Sensor ini akan menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kuat medan yang diterima oleh sensor tersebut. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing sisi silikon. Hal ini akan menghasilkan perbedaan tegangan pada outputnya ketika lapisan ini dialiri oleh arus listrik. Tanpa adanya pengaruh dari medan magnet maka arus yang mengalir pada silikon akan tepat di tengah-tengah silikon dan menghasilkan tegangan yang sama antara elektrode sebelah kiri dengan elektrode sebelah kanan sehingga menghasilkan beda tegangan 0 volt pada outputnya.

Ketika terdapat medan magnet yang mempengaruhi sensor ini maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati/menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Ketika arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silikon sebelah kiri maka terjadi ketidak seimbangan tegangan output dan hal ini akan menghasilkan sebuah beda tegangan pada outputnya.

Semakin besar kekuatan medan magnet yang mempengaruhi sensor ini akan menyebabkan pembelokan arus di dalam lapisan silikon ini akan semakin besar dan semakin besar pula ketidakseimbangan tegangan antara kedua sisi lapisan silikon pada sensor. Semakin besar ketidakseimbangan tegangan ini akan menghasilkan beda tegangan yang semakin besar pada output sensor. Sensor efek Hall dapat bekerja bila hanya satu sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet (Wibisono, 2002).

Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor UGN3503U. Komponen ini dipilih karena relatif murah, mudah digunakan dan mempunyai bentuk yang cukup baik. Sensor UGN3503U mempunyai 3 pin yaitu :



**Gambar 2.6.** Pinout Sensor Efek Hall UGN3503U.

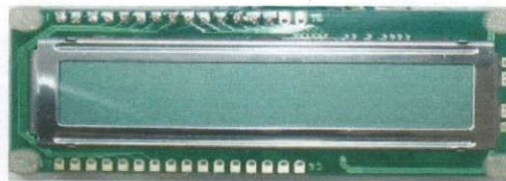
Sensor Efek Hall UGN3503U ini mempunyai suplai tegangan yang cukup lebar yaitu mulai 4.5V sampai 6V dengan kepekaan perubahan kekuatan medan magnet sampai frekwensi 23 kHz.

### 2.1.3. Karakter *LCD* 2x16

Karakter *LCD* adalah salah satu alat penampil karakter yang cukup praktis penggunaannya, karena *LCD* ini telah memiliki aturan baku untuk mengaksesnya.



Jumlah tampilan yang cukup banyak yaitu 32 karakter menjadikan *LCD* ini sebagai salah satu penampil yang disukai di dunia mikrokontroler. Bentuk *LCD* karakter dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7.** Karakter *LCD* 2x16 .

Karakter *LCD* ini memiliki 16 pin dengan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Pin dan Fungsi karakter *LCD*.

PIN	Nama	Fungsi
1	VSS	Ground
2	VCC	+5V
3	VEE	Tegangan kontras
4	RS	Pemilihan Register 0 = Register perintah 1 = Register data
5	R/W	Read/ Write, untuk memilih mode <i>write</i> atau <i>red</i> 0 = write mode 1 = read mode
6	E	Enable 0 = data yang ada di bus di pasang ke <i>LCD</i> 1= data yang ada di bus diabaikan
7	DB0	ESB
8		DB1 Data input pin 2
9		DB2 Data input pin 3
10	DB3	Data input pin 4
11	DB4	Data input pin 5
12	DB5	Data input pin 6
13	DB6	Data input pin 7
14	DB7	MSB
15	BPL	Lampu Latar
16	GND	Ground

**MILIK**  
**UPT PERPUSTAKAAN**  
**UNIVERSITAS ANDALAS**

Dalam penggunaannya *LCD* dapat beroperasi dalam mode 8 bit atau 4 bit bus data, data yang berada pada bus dapat dianggap sebagai perintah atau pun data biasa. Data ini akan dianggap sebagai perintah jika pin RS diberi logika 0, sedangkan jika RS diberi logika 1 maka data akan dianggap sebagai data biasa. Data akan masuk ke *LCD* dengan memberi transisi dari *high* ke *low* pada pin EN dan menunggu selama waktu minimum yang dibutuhkan *LCD* untuk menulis data ini.

Perintah-perintah yang sering digunakan pada *LCD* adalah :

#### 1. *Function Set*

*Function set* digunakan untuk menentukan panjang data, jumlah baris yang akan digunakan dan jenis font yang akan dipakai. Gambar 2.8. menunjukkan lebih jelas tentang *function set*.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X

**Gambar 2.8.** Function set

#### 2. *Entry mode set*

*Entry mode set* adalah mengatur cara pemasukan data, dan pergeserannya. Keterangan lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.9.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

**Gambar 2.9.** Entry mode set



I/D : *Increment/Decrement* alamat DDRAM sebesar 1 jika karakter ditulis atau dibaca dari DDRAM.

1 = *Decrement*

0 = *Increment*

S : menggeser *tampilan* ke kiri atau ke kanan

S = 1, geser ke kanan atau ke kiri tergantung pada nilai I/D

S = 0, *tampilan* tidak digeser

### 3. *Tampilan On/Off* dan pengaturan kursor

Cara untuk *tampilan On/Off* dan pengaturan kursor dapat dilihat pada Gambar 2.10.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

**Gambar 2.10.** *Tampilan On/Off* dan pengaturan kursor

D = 1, *tampilan On*

D = 0, *tampilan Off*

C = 1, kursor ditampilkan

C = 0, kursor tidak ditampilkan

B = 1, kursor berkedip

B = 0, kursor tidak berkedip

4. Membersihkan Tampilan

Setelah menampilkan suatu karakter, maka untuk menampilkan karakter selanjutnya *tampilan* perlu dibersihkan. Cara untuk membersihkan tampilan dapat dilihat pada Gambar 2.11.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Gambar 2.11. Membersihkan tampilan

5. Pencarian *Tampilan*

Pencarian *tampilan* atau koreksinya dapat dilihat pada Gambar 2.12.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Gambar 2.12. Fungsi koreksi atau pencarian *tampilan*.

S/C	R/L	Keterangan
0	0	Menggeser posisi kursor ke kiri
0	1	Menggeser posisi kursor ke kanan
1	0	Menggeser seluruh tampilam ke kanan
1	1	Menggeser seluruh tampilan ke kanan

Gambar 2.13. Pengaturan posisi kursor.

6. Pengaturan Posisi Kursor

Modul *LCD* terdiri dari sejumlah memori yang digunakan untuk *tampilan*. Semua teks yang kita tuliskan ke modul *LCD* adalah disimpan di dalam memori ini, dan modul *LCD* secara berurutan membaca memori ini untuk menampilkan teks ke modul *LCD* itu sendiri. Gambar 2.14. menunjukan peta memori karakter *LCD* 2x16.



Tampilan	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16
Baris 1	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	...
Baris 2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	54	55	...

**Gambar 2.14.** Peta memori karakter *LCD* 2x16

Pada peta memori tersebut, daerah yang berwarna biru ( 00 s/d 0F dan 40 s/d 4F ) adalah tampilan yang tampak. Sebagaimana yang dapat dilihat, jumlahnya sebanyak 16 karakter per baris dengan dua baris. Angka pada setiap kotak adalah alamat memori yang bersesuaian dengan posisi dari layar. Demikianlah karakter pertama di sudut kiri atas adalah menempati alamat 00h. Posisi karakter berikutnya adalah alamat 01h dan seterusnya.

Akan tetapi, karakter pertama dari baris 2 sebagaimana yang ditunjukkan pada peta memori adalah pada alamat 40h. Sehingga perlu untuk mengirim sebuah perintah ke *LCD* untuk mengatur letak posisi kursor pada baris dan kolom tertentu. Instruksi Set Posisi Kursor adalah 80h. Sehingga perlu ditambahkan alamat lokasi dimana akan diletakkan kursor. Sebagai contoh, jika ingin menampilkan kata "World" pada baris ke dua pada posisi kolom ke sepuluh. Sesuai peta memori, posisi karakter pada kolom 11 dari baris ke dua, mempunyai alamat 4Ah, sehingga sebelum kita tulis kata "World" pada *LCD*, kita harus mengirim instruksi set posisi kursor, dan perintah untuk instruksi ini adalah 80h ditambah dengan alamat  $80h + 4Ah = 0Cah$ . Sehingga dengan mengirim perintah Cah ke *LCD*, akan menempatkan kursor pada baris kedua dan kolom ke 11 dari DDRAM.

Sebelum *LCD* dapat digunakan, maka perlu terlebih dahulu dilakukan inisialisasi yang meliputi, penentuan panjang data, jenis *font*, pengaturan *increment* atau *decrement*, pengaturan *tampilan* dan kursor serta membersihkan layar.

```
Void inisialisasi(void)
{
winst(0x38); // jenis komunikasi 8 bit, 2 line font 5x7
winst(0xC); // tampilan On, cursor Off
winst(0x6); // entry mode, set increment
winst(0x1); // tampilan clear
}
```

**Gambar 2.15.** Contoh program *inisialisasi LCD*.

Setelah melakukan *inisialisasi* pada *LCD*, maka harus ada fungsi yang dapat menulis data pada *LCD* dan fungsi memasukan data. Fungsi tersebut adalah :

1. Fungsi *winst*,

Fungsi ini digunakan untuk menulis perintah ke *LCD*.

```
void winst(unsigned char dt)
{
P2_5 = 0; // RS logika low (data sebagai perintah)
P1 = dt; // kirimkan data melalui P1
P2_7 = 1; // Set EN high (data dimasukan ke LCD)
delay(100); // beri tunda
P2_7 = 0; // Set EN low
delay(10); // beri tunda
}
```

**Gambar 2.16.** Contoh fungsi dari *LCD*.



Cara menggunakan fungsi *winst* adalah dengan menggunakan kode berikut

*Winst(perintah)*

Dengan perintah adalah instruksi yang akan diberikan ke *LCD*, misalnya untuk menghapus layar (kodenya = 0x01), maka strukturnya menjadi :

*Winst(0x01);*

Kode di atas akan mengirim perintah 0x01, sebagai perintah untuk membersihkan layar, sehingga efeknya layar *LCD* akan kosong.

## 2. Fungsi wdata

Adalah fungsi untuk memasukan data karakter (huruf/angka) ke *LCD* dalam format standar *LCD*. Contoh fungsi *wdata* tersebut adalah sebagai berikut :

```
void wdata (unsigned char dt)
{
    P2_5 = 1;    // RS logika high
    P1 = dt;     // kirimkan data
    P2_7 = 1;    // Set EN high
    delay(100);  // beritunda
    P2_7 = 0;    // Set EN low
    delay (10);  // beri tunda
}
```

**Gambar 2.17.** Contoh fungsi *wdata*.

#### 2.1.4. Dasar Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah *Central Processing Unit* (CPU) yang disertai dengan memori serta sarana *input/output* dan dibuat dalam bentuk sekeping *chip*.

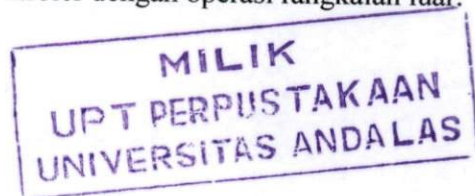
Deskripsi Mikrokontroler:

**Central Processing Unit (CPU).** CPU terdiri atas dua bagian, yaitu unit pengendali (*control unit*) serta unit aritmatika dan logika (ALU). Fungsi utama unit pengendali adalah mengambil, mengkodekan, dan melaksanakan urutan instruksi sebuah program yang tersimpan dalam memori. Unit pengendali menghasilkan dan mengatur sinyal pengendali yang diperlukan untuk menyerempakkan operasi, aliran dan instruksi program. Unit aritmatika dan logika berfungsi untuk melakukan proses perhitungan yang diperlukan selama program dijalankan serta mempertimbangkan suatu kondisi dan mengambil keputusan yang diperlukan untuk instruksi-instruksi berikutnya.

**Bus alamat.** Bus alamat berfungsi sebagai sejumlah lintasan saluran pengalamatan antara alat dengan sebuah mikrokontroler. Pengalamatan ini harus ditentukan terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya kesalahan pengiriman sebuah instruksi dan terjadinya bentrok antara dua buah alat yang bekerja secara bersamaan.

**Bus data.** Bus data merupakan sejumlah lintasan saluran keluar masuknya data dalam suatu mikrokontroler. Pada umumnya saluran data yang masuk sama dengan saluran data yang keluar.

**Bus kontrol.** Bus kontrol atau bus pengendali berfungsi untuk menyerempakkan operasi mikrokontroler dengan operasi rangkaian luar.





**Memori.** Pada sebuah mikrokontroler terdapat sebuah memori yang berfungsi untuk menyimpan data atau program. Ada beberapa buah jenis memori, diantaranya RAM dan ROM.

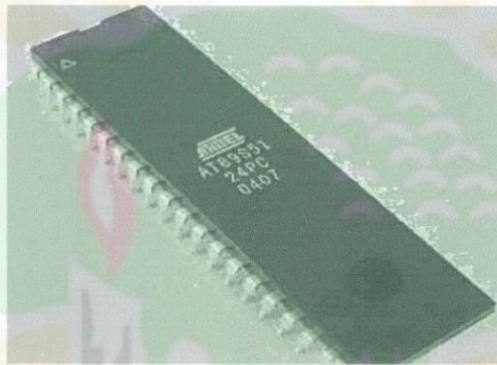
**RAM (*Random Acces Memory*).** RAM merupakan memori yang dapat dibaca dan ditulis. RAM biasanya digunakan untuk menyimpan data atau sering disebut dengan memori data saat program bekerja. Data yang ada pada RAM akan hilang bila catu daya dari RAM dimatikan sehingga RAM hanya dapat digunakan untuk menyimpan data sementara.

**ROM (*Read Only Memory*).** ROM merupakan memori yang hanya dapat dibaca. Data yang disimpan di ROM tidak akan hilang meskipun catu daya dimatikan. Dari sifatnya itu maka ROM sering dipakai untuk menyimpan program. Ada beberapa jenis ROM diantaranya ROM, PROM, EPROM, dan EEPROM. ROM merupakan memori yang sudah diprogram oleh pabrik. PROM dapat diprogram oleh pemakai tetapi hanya dapat ditulis sekali saja. UV-EPROM merupakan PROM yang dapat diprogram atau ditulis beberapa kali dan dapat dihapus dengan sinar ultraviolet. Flash PEROM adalah PROM yang dapat ditulis ulang beberapa kali dan dapat dihapus secara elektrik atau dengan tegangan listrik. UV-EPROM harganya lebih mahal dari Flash PEROM, karena itu Flash PEROM lebih populer dan diminati programmer mikrokontroler.

#### **2.1.5. Mikrokontroler AT89S51 *Single Chip***

Mikrokontroler AT89S51 merupakan salah satu keluarga dari MCS-51 keluaran Atmel. Jenis mikrokontroler ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun data 8 bit secara bersamaan. Sebuah

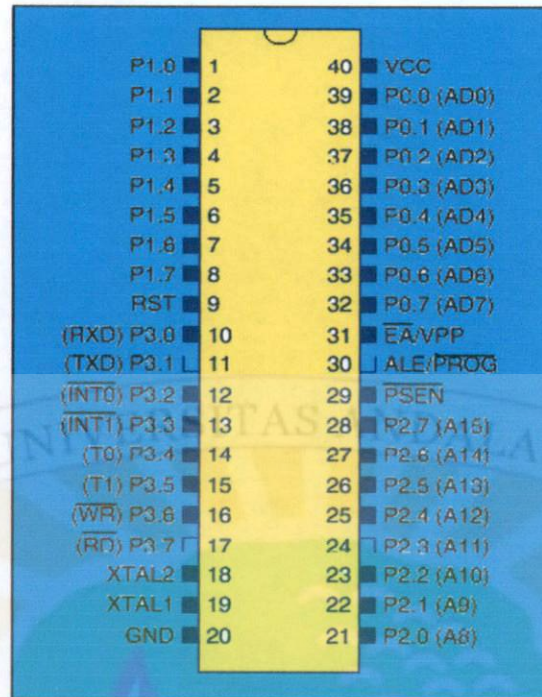
mikrokontroler dapat bekerja bila di dalam mikrokontroler tersebut terdapat sebuah program yang berisi instruksi-instruksi yang akan digunakan untuk menjalankan sistem mikrokontroler tersebut. Instruksi-instruksi sebuah program dari setiap jenis mikrokontroler mempunyai beberapa perbedaan. Pada prinsipnya program pada mikrokontroler memiliki beberapa set instruksi dan tiap instruksi itu dijalankan secara bertahap atau berurutan. Bentuk dari mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 2.18.



**Gambar 2.18.** Mikrokontroler AT89S51

Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S51 yaitu sebuah *Central Processing Unit* 8 bit, osilator Internal dan Rangkaian Pewaktu, RAM Internal 128 byte, flash Memori 4 Kbyte, 5 buah jalur interupsi (2 buah interupsi eksternal dan 3 buah interupsi internal), 4 buah *programmable port* I/O yang masing-masing terdiri dari 8 buah jalur I/O, sebuah port serial dengan kontrol serial *full duplex UART*, kemampuan untuk melaksanakan operasi aritmatika dan operasi logika, kecepatan dalam melaksanakan instruksi per siklus 1 mikro detik pada frekuensi 12 MHz.





**Gambar 2.19.** Konfigurasi pin mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 terdiri atas 40 pin, diantaranya pin 1 sampai 8 (port 1) adalah port paralel 8 bit 2 arah (*bidireksional*) dengan *internal pull-up* yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti 4 masukan TTL dan sebagai saluran alamat saat pemrograman dan verifikasi.

Pin 9 (*reset*) adalah masukan *reset* (aktif tinggi). Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan *mereset* AT89S51. Pin ini dihubungkan dengan rangkaian *power on reset* yang terdiri dari sebuah resistor dan kapasitor.

Pin 10 sampai 17 (port 3) adalah port paralel 8 bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi TxD (*Transmit Data*), RxD (*Receive data*), Int0 (*Interrupt 0*), Int1 (*Interrupt 1*), T0 (*timer 0*), T1 (*timer 1*), WR (*write*),

dan RD (*read*). Bila fungsi pengganti tidak dipakai pin-pin ini dapat berguna sebagai port paralel 8 bit serbaguna.

Pin 18 (*X-tal 2*) adalah pin keluaran rangkaian *inverting oscillator amplifier* (*output oscillator*), pin 19 (*X-tal 1*) adalah pin masukan ke rangkaian *inverting oscillator amplifier* (*input oscillator*), pin 20 (*ground*), dihubungkan ke *ground*, pin 21 sampai 28 (Port 2) adalah port paralel 2 selebar 8 bit dua arah (*bidirectional*) yang berfungsi sebagai saluran/bus alamat tinggi. Port 2 ini mengirimkan byte alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal.

Pin 29 adalah pin PSEN (*Program Store Enable*) yang merupakan sinyal pengontrol yang membolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian atau pengambilan instruksi (*fetching*). Pin ini berfungsi pada saat pengeksekusi program yang terletak pada memori eksternal.

Pin 30 adalah pin ALE (*Addres Latch Enable*) yang digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi. ALE hanya aktif pada saat mengakses memori eksternal (Movx, Movc)., pin 31 adalah pin EA (*External Acces Enable*) yang berfungsi untuk mengeksekusi program dari memori internal jika dihubungkan ke Vcc dan memori eksternal jika dihubungkan ke *ground*. Bila diberi logika rendah (*low*), mikrokontroler akan melaksanakan seluruh instruksi dari memori program luar.

Pin 32 sampai 39 (Port 0) adalah port I/O 8 bit (*Open Drain*) dua arah. Bila digunakan untuk mengakses program luar, port ini akan memultipleks alamat memori dengan data, pin 40 (Vcc), dihubungkan ke tegangan *power supply* DC +5 volt.



### 2.1.6. Pewaktuan Mikrokontroler AT89S51

Pewaktuan dapat dilihat dari frekuensi kristal yang digunakan yaitu dengan menggunakan persamaan:

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.6)$$

keterangan:  $T$  = perioda (s)

$f$  = frekuensi (Hz)

Kristal yang digunakan memiliki frekuensi 11.0592 MHz, maka perioda osilator yang dihasilkan adalah:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{11.0592 \text{ MHz}}$$

$$T = 0.09 \mu\text{s}$$

Untuk 1 siklus mesin dibutuhkan 12 perioda osilator, maka:

$$T = 12 \times 0.09 \mu\text{s}$$

$$T = 1.08 \mu\text{s}$$

### 2.1.7. Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman merupakan sebuah perangkat lunak yang diciptakan secara khusus untuk membuat perangkat lunak lainnya. Bahasa pemrograman merupakan suatu kode-kode yang digunakan untuk memerintahkan mikrokontroler melakukan sesuatu (Totok, 2005). Rancangan bangun alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek hall UGN 3503UA ini menggunakan bahasa program C.

Program C merupakan program yang ditulis oleh pembuat program berupa kumpulan baris-baris perintah dan biasanya disimpan dengan *extension C* ataupun *Editor DOS*. Program tersebut memberitahukan jenis mikrokontroler apa yang akan dikerjakan. Berikut ini akan dijelaskan sekilas tentang pemrograman C untuk AT89S51 yaitu:

**Identifier (pengenal).** Identifier terdiri dari variabel, konstanta bernama, tipe data, fungsi dan label. Aturan sebuah pengenal: pengenal tidak boleh menggunakan kata simpan pada bahasa pemrograman seperti *if*, *case*, *not*, *or* dan lainnya, pengenal merupakan satu atau beberapa karakter, pengenal tidak boleh dimulai dengan angka, tetapi harus huruf atau garis bawah, dalam bahasa C pengenal bersifat *case sensitive*, artinya adalah bahwa huruf capital dan huruf kecil dianggap tidak sama.

Contoh pengenal:

- a. detik
- b. menit
- c. konversi
- d. detak

**Tipe data.** Beberapa tipe data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Tipe Data Pada Bahasa C.

Tipe Data	Lebar Data (Byte )	Range
Char	1	-128 s/d 127
Int	2	-32768 s/d 32767
Short	3	-32768 s/d 32767
Long	4	-2,147,438,648 s/d 2,147,438,647
Float	4	$3.4 \times 10^{-38}$ s/d $3.4 \times 10^{38}$
Void	-	-



Untuk data yang bertanda (+ atau -) tipe data dapat ditambahkan awalan *signed*, sedangkan untuk data tak bertanda sebaiknya digunakan *unsigned*.

**Variabel dan konstanta.** Variabel adalah tempat untuk menyimpan data sementara selama proses berlangsung, secara fisik variabel adalah suatu alamat memory yang digunakan selama program dijalankan (*executed*). Sedangkan konstanta adalah nilai tetap yang tidak dapat diubah selama program berjalan. Penamaan variabel dan konstanta mengikuti aturan penamaan pengenalan (*identifier*).

1. pendeklarasian variabel dan konstanta

- a. deklarasi variable

Format deklarasi variabel adalah

Tipe Data Nama variabel;

Contoh :

Int awal, akhir, tengah;

Char data, angka, total;

- b. deklarasi konstanta

Format deklarasi konstanta adalah

Const Tipe Data NamaKonstanta = NilaiKonstanta.

Contoh:

Const float phi = 3.14;

Const int kurang = 5;

### 2.1.8. Pengkalibrasian Alat

Pengkalibrasian alat dimaksudkan agar hasil alat ukur yang dibuat sesuai dengan hasil alat ukur baku (standar). Untuk mengetahui persentase penyimpangan alat ukur yang dibuat, dapat digunakan rumus kesalahan relatif pada persamaan 2.7.

$$\text{Kesalahan Relatif (\%)} = \frac{\Delta\omega}{\omega_{\text{mak}} - \omega_{\text{min}}} \times 100 \% \quad (2.7)$$

dengan :

$\Delta\omega$  = selisih antara  $\omega$  alat yang dibuat dengan  $\omega$  acuan standar.

$\omega$  = kecepatan putar maksimum (rad/s)

$\omega$  = kecepatan putar minimum (rad/s)





## BAB III

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian meliputi alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, prosedur penelitian, perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*) dan penanaman program yang digunakan ke mikrokontroler.

#### 3.1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, timah yang digunakan untuk mematri rangkaian, papan *stripboard* digunakan untuk merancang rangkaian, PCB cetak sebagai tempat merangkai rangkaian, slide transparan, digunakan untuk memindahkan skema rangkaian ke PCB, jumper yang digunakan sebagai penghubung rangkaian,  $\text{FeCl}_3$  digunakan untuk melarutkan tembaga PCB, *Crocodile clip* digunakan sebagai penjepit, PC (*Personal Computer*) digunakan untuk membuat program, skematik rangkaian dan menanamkan program ke mikrokontroler serta mikrokontroler AT89S51 digunakan sebagai pengontrol alat ukur kecepatan putar motor.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :solder digunakan untuk mematrikan timah dan pencabut timah yang tidak digunakan lagi dalam rangkaian, setrika, digunakan untuk mencetak layout dari transparan ke PCB, tang penjepit dan pemotong digunakan untuk memotong dan merapikan solderan timah, obeng digunakan untuk memasang dan membuka baut, gunting, digunakan untuk menggunting slide transparan yang melebihi skema rangkaian, multimeter digital, digunakan untuk menguji keluaran dari rangkaian.

### 3.2 Prosedur Penelitian

Cara melaksanakan penelitian adalah yaitu : menguji coba rangkaian pada tahap awal dilakukan dengan merangkai komponen pada *bread bord* (papan uji) dan menguji keluaran sistem sensor. Selanjutnya dilakukan perancangan tata letak melalui PCB berlubang dan komponen-komponen yang dibutuhkan dirangkai kemudian di solder.

Setelah semua rangkaian terpasang dilakukan pengujian keluaran per blok rangkaian. Selanjutnya menguji keluaran rangkaian secara keseluruhan. Setelah semua komponen terhubung, maka dilakukan pembuatan perangkat lunak. Pengujian akhir meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak.

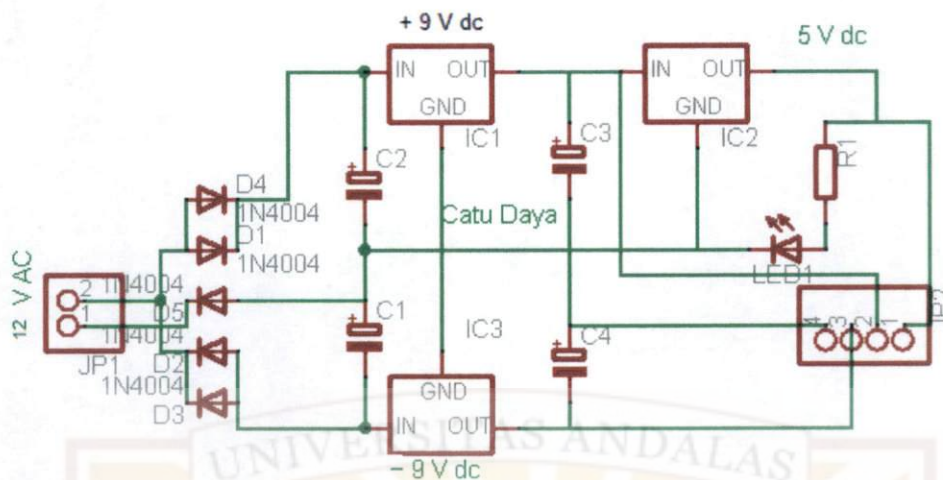
Untuk merancang bangun alat ukur kecepatan putar motor ini secara umum dibagi atas dua bagian utama, yaitu rancang bangun perangkat keras (*hardware*) dan rancang bangun perangkat lunak (*software*).

### 3.3 Perancangan Perangkat Keras

#### 3.3.1 Catu daya 5 V, +9 V, -9 V DC

Catu daya berfungsi sebagai sumber arus DC untuk menjalankan rangkaian AT89S51 dan rangkaian sensor, dapat dilihat pada Gambar 3.1.





**Gambar 3.1.** Rangkaian skematik catu daya 5 V, +9 V, -9 V DC

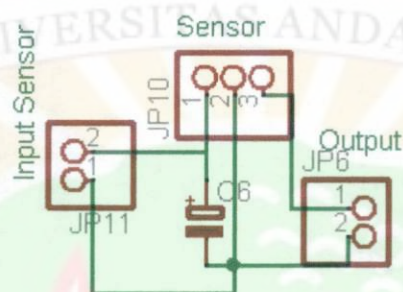
Komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan rangkaian catu daya untuk alat ukur kecepatan putar motor yaitu : transformator step down 220 V, 0.5 A 1 buah yang berfungsi sebagai penurun tegangan 220 V AC menjadi 12 V AC, jumper1 1 buah sebagai jamper atau penghubung, dioda tipe 1N4004, 1A 5 buah berfungsi sebagai penyearah tegangan AC menjadi DC, kapasitor 1000 $\mu$ F, 25 V 2 buah, berfungsi sebagai penapis tegangan, IC LM7909 1 buah berfungsi sebagai pengubah tegangan menjadi negatif 9 V, IC LM7809 1 buah berfungsi sebagai pengubah tegangan menjadi positif 9 V, IC LM7805 1 buah berfungsi sebagai pengubah tegangan menjadi positif 5 V, kapasitor 470 $\mu$ F, 25 V 2 buah berfungsi sebagai penapis tegangan, resistor 1 K $\Omega$  1 buah berfungsi sebagai hambatan ke LED, LED 1 buah berfungsi sebagai indikator, jumper2 1 buah berfungsi sebagai penghubung.

Rangkaian disolder kemudian diuji keluaran rangkaian secara keseluruhan.

Untuk hasil rangkaian boardnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

### 3.3.2. Sensor UGN 3503

Rangkaian sensor berfungsi untuk mengaktifkan sensor UGN 3503 yang berguna untuk membaca perubahan medan magnet. Rangkaian skematik untuk sensor UGN 3503 dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2.** Rangkaian skematik sensor UGN 3503.

Komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan rangkaian **UGN 3503** untuk alat ukur kecepatan putar motor yaitu: jamper 6 1 buah berfungsi sebagai penghubung ke mikrokontroler, jamper 11 1 buah berfungsi sebagai penghubung ke Vcc, jamper 10 1 buah berfungsi sebagai tempat sensor, kapasitor 1000  $\mu$  F 1 buah berfungsi sebagai penapis tegangan.

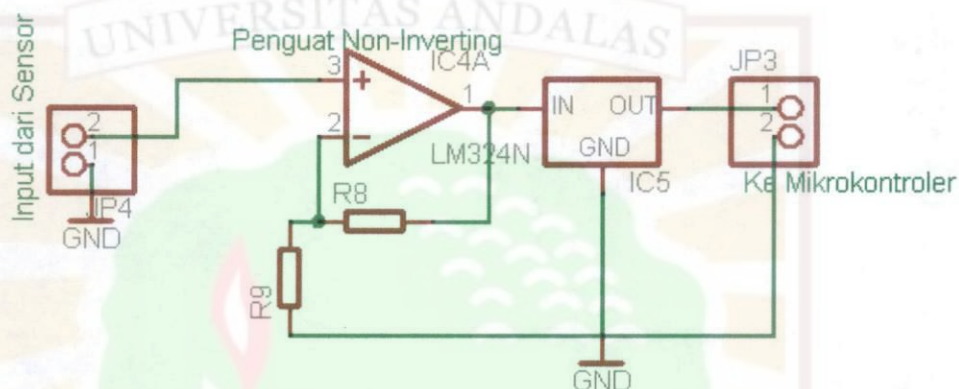
Rangkaian disolder kemudian diuji keluaran rangkaian secara keseluruhan dengan menggunakan Osiloskop.

Untuk rangkaian boardnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



### 3.3.3. Rangkaian Penguat LM 324

Rangkaian penguat dengan LM 324 adalah rangkain penguat Non-Inverting yang digunakan untuk menguatkan hasil keluaran sensor yang awalnya 0,75 mV menjadi 7.5 V. Rangkaian skematik penguat LM 324 dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3.** Rangkaian skematik penguat dengan LM 324

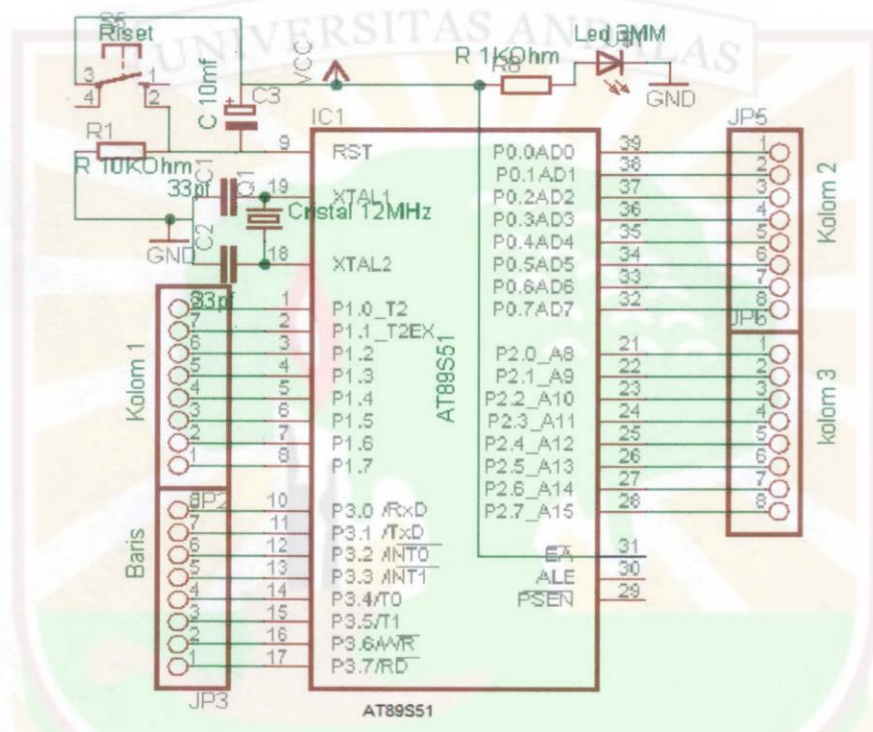
Komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan rangkaian penguat LM 324 untuk alat ukur kecepatan putar motor yaitu : jamper 4 1 buah berfungsi sebagai penghubung masukan dari sensor, resistor 10 K $\Omega$  1 buah berfungsi sebagai pengali tegangan masukan, resistor 1  $\Omega$  1 buah berfungsi sebagai pengali tegangan masukan, LM 324 1 buah sebagai penguat Non-Inverting, jamper 3 1 buah, berfungsi sebagai penghubung ke IC LM7805, kemudian dihubungkan ke Mikrokontroler.

Rangkaian disolder kemudian diuji keluaran rangkaian secara keseluruhan dengan menggunakan Osiloskop.

Untuk rangkaian boardnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

### 3.3.4. Rangkaian Mikrokontroler AT89S51

Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 merupakan pusat pengolahan data dan pusat pengendali alat. Rangkaian ini tersusun atas osilator kristal 12 MHz yang berfungsi untuk pembangkit pulsa internal dan dua buah kapasitor yang berfungsi untuk menstabilkan frekwensi dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4.** Rangkaian mikrokontroler AT89S51.

Komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan rangkaian target Mikrokontroler untuk alat ukur kecepatan putar motor yaitu : kapasitor 30 pF sebanyak 2 buah berfungsi untuk menstabilkan kristal; mikrokontroler AT89S51 sebanyak 1 buah berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali alat; kristal 11,0592 MHz sebanyak 1 buah,



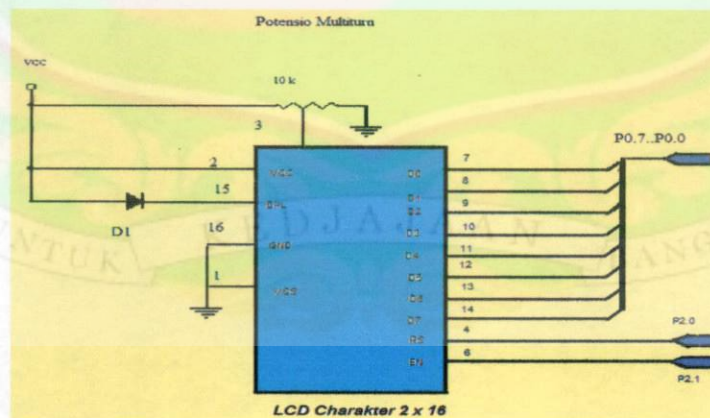
berfungsi dalam pewaktuan; kapasitor  $10\ \mu\text{F}$  sebanyak 1 buah berfungsi sebagai kapasitor *reset*; tombol *Reset* sebanyak 1 buah berfungsi untuk *merefresh*; resistor  $1\ \text{k}\Omega$  sebanyak 1 buah berfungsi sebagai hambatan pada LED indikator; resistor  $10\ \text{k}\Omega$  sebanyak 1 buah berfungsi untuk tombol *reset*; resistor  $330\ \text{Ohm}$  sebanyak 3 buah, berfungsi sebagai hambatan pada konektor penanam; pinhead 5 Pin sebanyak 1 buah berfungsi sebagai konektor penanam ke DB 25 PC;  $V_{cc} +5\ \text{V DC}$ ; dan GND.

Rangkaian disolder kemudian diuji keluaran rangkaian secara keseluruhan.

Untuk rangkaian boardnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

### 3.3.5. Rangkaian karakter LCD 2x16

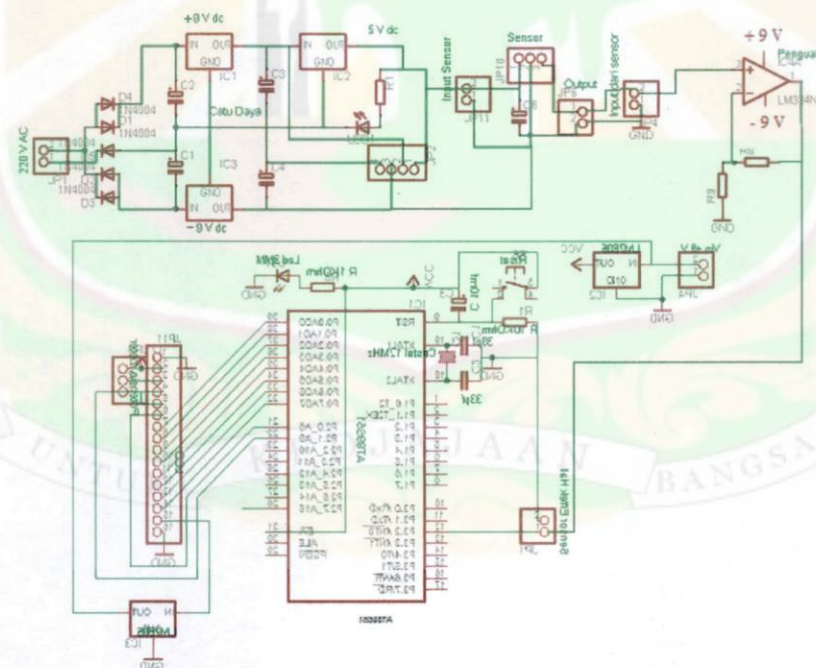
Rangkaian karakter *LCD*  $2 \times 16$  adalah rangkaian yang digunakan untuk mengaktifkan *LCD* tersebut, sebagai penampil hasil dari pengukuran yang dilakukan. Rangkaian dari *LCD* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5.** Rangkaian Skematik karakter *LCD*  $2 \times 16$

Komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan karakter LCD 2 x 16 yaitu : karakter *LCD* 2x16 sebanyak 1 buah berfungsi sebagai penampil hasil kecepatan putar motor; dioda 1 A sebanyak 1 buah berfungsi sebagai penyearah agar *LCD* stabil; potensio 10 K $\Omega$  sebanyak 1 buah berfungsi untuk mengatur kontras *LCD*; pinhead 8 Pin sebanyak 1 buah berfungsi untuk mengoneksian *LCD* dengan P0 pada mikrokontroler; pinhead 2 Pin sebanyak 1 buah untuk mengoneksikan RS dan EN dari *LCD* ke P2.0 dan P2.1 mikrokontroler; Vcc + 5 V DC; dan GND.

Rangkaian disolder kemudian diuji keluaran rangkaian secara keseluruhan. Rangkaian lengkap skematik dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan board alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat pada Lampiran 5.



**Gambar 3.6.** Rangkaian lengkap skematik alat ukur kecepatan putar motor berbasis Mikrokontroler AT89S51.



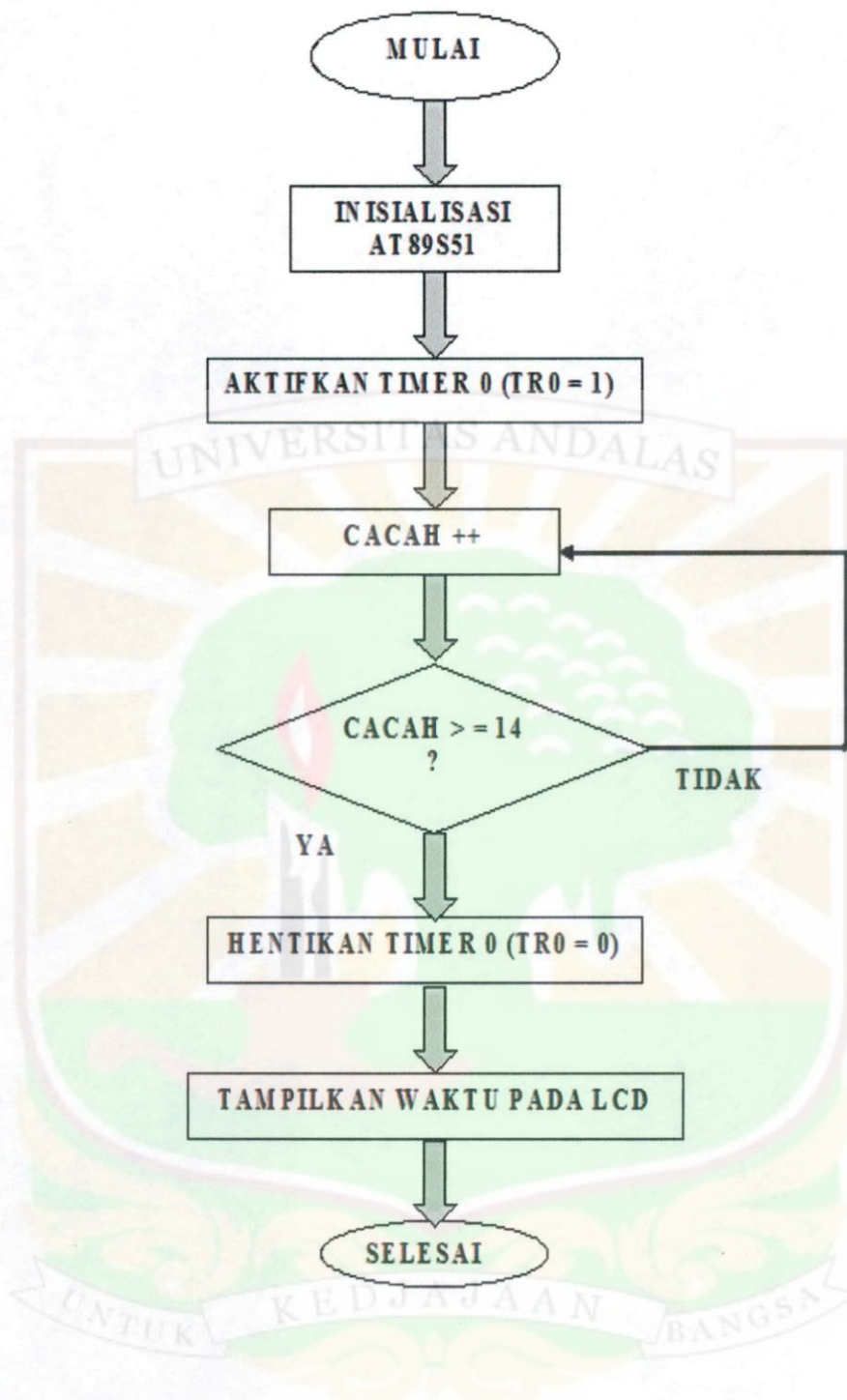
### 3.4. Pengujian Alat

Setelah rangkaian lengkap diperoleh, tahap selanjutnya dilakukan pengujian akhir untuk menentukan nilai kecepatan putar motor dengan cara memasang gigi roda pada motor *DC* dan mendekatkan pada rangkaian lengkap. Gigi roda yang berputar akan dicacah oleh sensor efek Hall dan keluarnya akan ditampilkan melalui *LCD*. Pada *LCD* akan terlihat waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali putaran dan nilai kecepatan putar motor. Alat ukur ini akan menghitung waktu dan kecepatan putar motor dalam satu kali putaran, jika melebihi satu kali putar alat ini akan mereset kembali dengan otomatis.

### 3.5. Rancang Bangun Perangkat Lunak

#### 3.5.1. Diagram Alir

Tahap awal dari perancangan program alat ukur kecepatan putar motor adalah membuat diagram alir program, sebelum menulisnya ke dalam bahasa pemrograman *C*. Ada pun diagram alir dari program tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.7 :** Diagram alir rancang bangun alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek Hall.



Keterangan diagram alir :

1. Aktifkan mikrokontroler AT89S51.
2. Siapkan Timer 0 .
3. Jika ada instruksi mulai menghitung / cacah.
4. Periksa hasil hitungan, jika hasil = 14 matikan timer dan tampilkan ke *LCD*.
5. Jika hasil  $\neq$  14 ulangi menghitung / cacah.
6. Tampilkan pada *LCD*.
7. Proses akan selesai bila hasil kecepatan sudah ditampilkan pada *LCD*.

Perangkat lunak alat ukur yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman C, dan *listing* programnya dapat dilihat pada Gambar 3.8.

---

```
#include "at89x51.h"      //inisialisasi AT89S51

#define LCDRS P2_6        //Port P2_6 dihubungkan ke Pin (4) rs lcd
#define LCDEN P2_7        //Port P2_7 dihubungkan ke Pin (6) en lcd
#define LCDBUS P0         //Port P0_0 – P0_7 dihubungkan ke data 8 bit lcd (Pin 7 – 14 )

#include "lcdangka.h"     //Program eksekusi lcd

unsigned char cacah;       //Jenis variabel yang digunakan beserta tipe datanya ( lebar
                           //data )

long hasil, detik100;

void Interupsi(void) interrupt 1 //Interupsi tiap 10 ms
{
    TH0 |= 0xDC;

    detik100++;
}

void Interex(void) interrupt 0 //Interupsi tiap roda gigi lewat
```

```

{
    TR0 = 1;          ///// Timer 0 diaktifkan

    cacah ++;         ///// Jumlah gigi roda terus dihitung sampai syarat terpenuhi

    if (cacah == 15)  ///// Syarat cacah berhenti menghitung
    {
        TR0 = 0;      ///// Timer 0 berhenti menghitung

        cacah = 0;     ///// Cacah dinolkan kembali secara otomatis

        hasil = detik100 * 10; ///// Hasil perhitungan waktu

        kec = (360000/hasil); /////

        xy(1,3);        ///// baris satu kolom ketiga disiapkan.

        tulisstring("T = "); ///// Untuk menampilkan kata dalam tanda kutip.

        tulisangka(hasil); ///// Menuliskan pada lcd hasil dari timer 0

        tulisstring(" mS"); ///// Satuan waktu yang digunakan.

        xy(2,1);        ///// Baris dua kolom satu disiapkan untuk menampilkan hasil
                        perhitungan waktu dan satuannya.

        tulisstring("W = ");

        tulisangka(kec);

        tulisstring(" rad/s");

        TH0 = 0;        ///// Dinolkan.

        TL0 = 0;        ///// Low dinolkan.

        detik100 = 0;   ///// Detik dinolkan.

    }
}

void inittimer() ///// Fungsi untuk menjalankan pewaktuan.
{
    IT0 = 1;

    EA = 1;            ///// Membolehkan program jalan.

    ET0 = 1;

    EX0 = 1;

```



```

TMOD |= 0x01; // Timer 0 mode 1.

TR0 = 0;      // Timer 0 dinolkan.

}

void main()    // Program utama yaitu program untuk menjalankan fungsi-fungsi yang
               digunakan.

{
  inisialisasi();    // Fungsi inisialisasi lcd.
  inittimer();       // Fungsi inittimer.
  while (1)
  {
    PCON |= 0x01; // Pengulangan data.
  }                // Akhir program.

```

**Gambar 3.8.** Listing program alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor efek Hall.

### 3.5.2. Menanamkan Program ke Mikrokontroler AT89S51

Program yang telah dibuat ditanamkan ke mikrokontroler menggunakan *software AEC-ISP* melalui *hardware* sistem minimum dan konektor *DB 25* atau port printer.

Program alat ukur kecepatan putar motor di atas dibuat dengan menggunakan *software* M-IDE51. Tahap-tahap menggunakan *software* M-IDE51 dapat dilihat pada lampiran 6.

Setelah penanaman program pada mikrokontroler AT89S51 selesai, berarti mikrokontroler sudah siap digunakan sebagai alat ukur kecepatan putar motor.

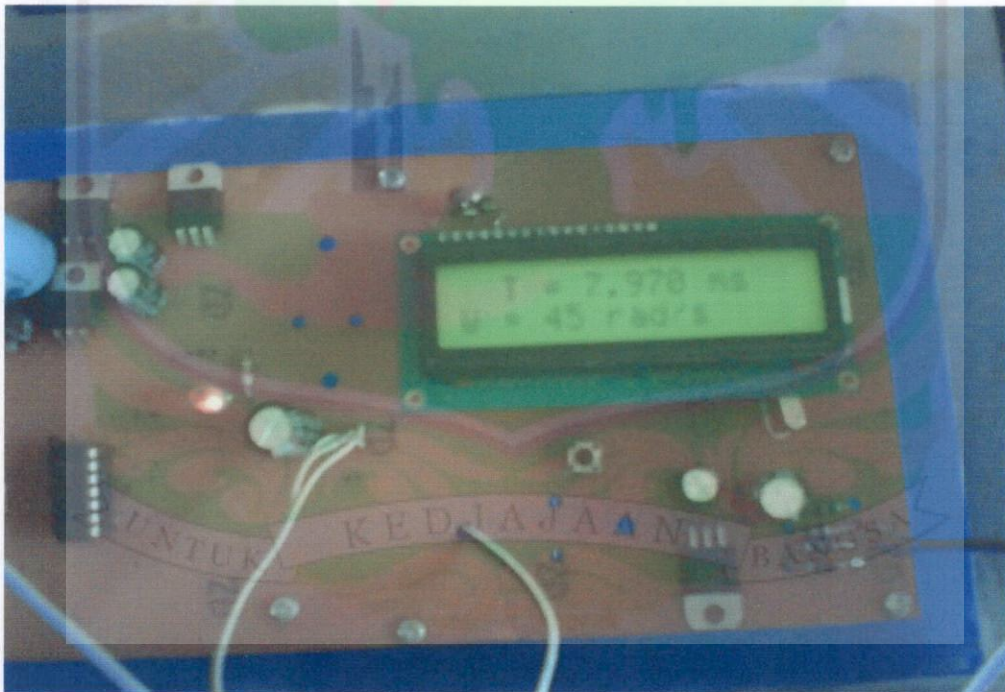
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang hasil yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan.

#### 4.1. Perangkat Keras

Setelah melewati tahap perancangan dan pembuatan serta *finishing* maka diperoleh alat ukur kecepatan putar motor berbasis Mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor Efek Hall dengan tampilan *LCD*, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Rangkaian alat ukur kecepatan putar motor berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor Efek Hall.

MILIK  
UPT PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS ANDALAS



Hasil yang didapat dari pengukuran catu daya adalah sebagai berikut :

- a. Tegangan masukan dari PLN : +220 Volt
- b. Tegangan keluaran IC LM 7805 : +5 Volt
- c. Tegangan keluaran IC LM 7809 : +9 Volt
- d. Tegangan keluaran IC LM 7909 : -9 Volt

Untuk dapat menghasilkan tegangan 5 Volt, digunakan transformator *step-down* 0,5 Ampere yang akan menurunkan tegangan 220 Volt AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan 9 Volt AC. Tegangan yang dikeluarkan oleh transformator tersebut masih berupa tegangan AC, untuk mengubahnya menjadi tegangan DC (*Direct Current*) digunakan rangkaian penyearah tegangan. Rangkaian penyearah tegangan tersebut terdiri atas 5 buah dioda yang saling berhubungan yang lebih dikenal sebagai rangkaian penyearah jembatan. Keluaran dari penyearah jembatan tersebut sudah berupa tegangan DC sebesar 9 Volt yang akan digunakan sebagai masukan pada IC regulator LM7805 untuk menghasilkan tegangan keluaran DC sebesar 5 Volt.

#### 4. 2. Hasil Pengujian

Hasil pengujian menunjukan alat berfungsi dengan baik. Ketika gigi roda yang berputar didekatkan pada sensor, maka sensor efek Hall akan mendeteksi adanya pengaruh medan magnet. Sehingga hasil pengukuran kecepatan putar gigi roda akan ditampilkan melalui *LCD*. Pada *LCD* akan terbaca nilai kecepatan putar gigi roda dalam satu kali putaran dalam bentuk rad/s.

Data hasil pengujian kecepatan putar motor dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Pengujian kecepatan putar motor dari alat yang dibuat dengan teori sebagai pembandingan.

Ulangan	Waktu yang digunakan untuk satu kali putaran		Kecepatan sudut ( $\omega$ )	
	(ms)	(s)	Teori	Alat yang dibuat
			(rad/s)	(rad/s)
1	2	3	4	5
1	3610	3,610	99,72	99
2	3890	3,890	92,54	92
3	5440	5,440	66,17	66
4	5440	5,440	66,17	66
5	5820	5,820	61,86	61
6	5840	5,840	61,64	61
7	6070	6,070	59,30	59
8	6250	6,250	57,60	57
9	6510	6,510	55,29	55
10	6690	6,690	53,81	53
11	6740	6,740	53,41	53
12	6800	6,800	52,94	52
13	7030	7,030	51,21	51
14	7220	7,220	49,86	49
15	7390	7,390	48,71	48
16	7480	7,480	48,12	48
17	7900	7,900	45,56	45
18	7990	7,990	45,05	45
19	8040	8,040	44,77	44
20	8070	8,070	44,60	44
21	8300	8,300	43,37	43
22	9330	9,330	38,59	38
23	9540	9,540	37,74	37
24	9570	9,570	37,61	37
25	10240	10,240	35,16	35
26	12900	12,900	27,91	27
27	13120	13,120	27,44	27
28	13190	13,190	27,29	27
29	13690	13,690	26,29	26
30	13740	13,740	26,20	26
31	15289	15,289	23,55	23
32	24310	24,31	14,81	14



**Tabel 4.2.** Pengujian kecepatan putar motor dari alat yang dibuat dengan alat acuan (*Tachometer*) sebagai pembanding.

Ulangan	Waktu yang digunakan untuk satu kali putaran			Kecepatan sudut ( $\omega$ )	
	(ms)	(s)	Teori (rad/s)	Alat yang dibuat (rad/s)	
				4	5
1	2	3			
1	3610	3,610	98,5		99
2	3890	3,890	91,37		92
3	5440	5,440	65,30		66
4	5440	5,440	65,30		66
5	5820	5,820	61,07		61
6	5840	5,840	60,86		61
7	6070	6,070	58,60		59
8	6250	6,250	56,87		57
9	6510	6,510	54,60		55
10	6690	6,690	53,13		53
11	6740	6,740	52,70		53
12	6800	6,800	52,20		52
13	7030	7,030	50,56		51
14	7220	7,220	49,20		49
15	7390	7,390	48,00		48
16	7480	7,480	47,50		48
17	7900	7,900	44,90		45
18	7990	7,990	44,48		45
19	8040	8,040	44,20		44
20	8070	8,070	44,04		44
21	8300	8,300	42,8		43
22	9330	9,330	38,0		38
23	9540	9,540	37,25		37
24	9570	9,570	37,1		37
25	10240	10,240	34,7		35
26	12900	12,900	27,55		27
27	13120	13,120	27,09		27
28	13190	13,190	26,90		27
29	13690	13,690	25,96		26
30	13740	13,740	25,86		26
31	15289	15,289	22,58		23
32	24310	24,31	14,62		14

**Tabel 4.3.** Data Pengukuran Kesalahan Relatif.

Waktu yang diperlukan dalam satu kali putaran	Kecepatan putar		$\Delta\omega$ (rad/s)	Kesalahan Relatif (%)
	Alat yang dibuat	Tachometer		
	(rad/s)	(rad/s)		
1	2	3	4	5
3,610	99	98,5	0,500	0,580
3,890	92	91,37	0,630	0,730
5,440	66	65,30	0,700	0,810
5,440	66	65,30	0,700	0,810
5,820	61	61,07	0,700	0,810
5,840	61	60,86	0,860	1,000
6,070	59	58,60	0,400	0,460
6,250	57	56,87	0,130	0,150
6,510	55	54,60	0,330	0,380
6,690	53	53,13	0,130	0,150
6,740	53	52,70	0,300	0,340
6,800	52	52,20	0,200	0,230
7,030	51	50,56	0,440	0,510
7,220	49	49,20	0,200	0,230
7,390	48	48,00	0,000	0,000
7,480	48	47,50	0,130	0,150
7,900	45	44,90	0,100	0,002
7,990	45	44,48	0,520	0,600
8,040	44	44,20	0,200	0,230
8,070	44	44,04	0,040	0,001
8,300	43	42,8	0,200	0,230
9,330	38	38,0	0,000	0,000
9,540	37	37,25	0,250	0,290
9,570	37	37,1	0,100	0,110
10,240	35	34,7	0,300	0,340
12,900	27	27,55	0,550	0,640
13,120	27	27,09	0,090	0,100
13,190	27	26,90	0,100	0,110
13,690	26	25,96	0,040	0,050
13,740	26	25,86	0,140	0,160
15,289	23	22,58	0,420	0,490
24,31	14	14,62	0,620	0,720



### 4.3. Pembahasan

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran kecepatan putar motor menggunakan alat yang dibuat tidak jauh berbeda dengan hasil yang ditunjukkan oleh teori atau hasil yang dihitung secara teoritis.

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran kecepatan putar motor menggunakan alat yang dibuat juga tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran menggunakan alat acuan standar yaitu *Tachometer*.

Untuk mengetahui tingkat ketepatan (akurasi) alat ukur kecepatan putar motor berbasis Mikrokontroler AT89S51, penulis membandingkan hasil pengukuran yang dilakukan dengan *Tachometer* acuan. Kesalahan relatif alat ini ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.6 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Dari data tersebut dapat terlihat bahwa kesalahan relatif maksimum alat yang dibuat adalah 1%. Dari data tersebut juga diperoleh hasil pengukuran dengan menggunakan alat ini relatif sama dengan hasil yang ditunjukkan oleh *Tachometer* acuan. Jarak objek yang dapat dideteksi oleh sensor adalah 0,5 cm dari sensor, seperti terlihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** Jarak gigi roda terhadap sensor.

No	Jarak gigi roda terhadap sensor (cm)	Respon sensor	
		Ya	Tidak
1	3		√
2	2,5		√
3	2		√
4	1,5		√
5	1		√
6	0,5	√	

Jika objek diletakan pada jarak yang melebihi 0,5 cm, sensor ini tidak dapat mendeteksi alat tersebut. Hal ini disebabkan karena ukuran sensor yang relatif kecil dan kemampuan sensor untuk mendeteksi objek pada jarak yang relatif kecil. Sensor Efek Hall hanya dapat mendeteksi objek yang mempunyai pengaruh medan magnet di sekitarnya.





## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian yang penulis lakukan, penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat ukur kecepatan yang dibuat ini memiliki ketepatan yang cukup baik karena nilai kecepatan putar yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan alat acuan yang digunakan.
2. Kesalahan relatif alat yang dibuat yang cukup kecil, berkisar antara 0 – 1% sehingga alat ini layak digunakan untuk mengukur kecepatan putar motor.
3. Jarak objek dari sensor dapat dideteksi oleh sensor adalah 0,5 cm.
4. Alat ukur kecepatan putar motor yang dibuat dapat langsung mendeteksi nilai kecepatan putar dengan adanya pengaruh medan magnet disekitarnya, sedangkan alat yang sudah ada perlu perlakuan khusus untuk menentukan nilai kecepatan.

#### **5.2.Saran**

Ada beberapa hal yang dapat disarankan dari keterbatasan penelitian ini :

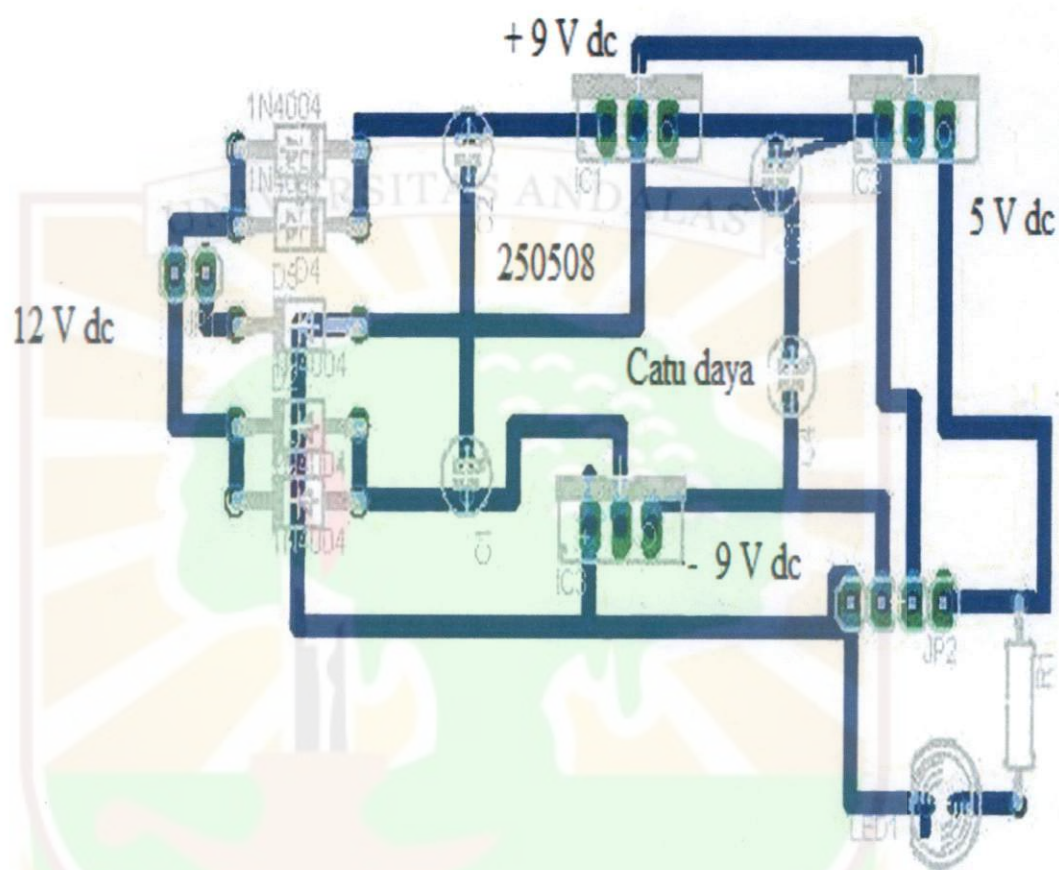
1. Agar untuk penelitian selanjutnya dapat menghasilkan nilai kecepatan putar yang lebih teliti dengan memiliki angka desimal.
2. Alat ukur ini dapat dikembangkan sebagai alat ukur kecepatan putar motor di dunia otomotif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azmi. 2004. Perancangan Tachometer Berbasis PC Dengan Sensor Fototransistor. Skripsi Sarjana, Universitas Andalas, Padang.
- Bishop. 2004. Dasar-Dasar Elektronika. Erlangga, Jakarta.
- Buchla, D. Dan McLachlan, W. 1992. Applied Electronic Instrument and Measurement, Prentice Hall Inc. Englewoods Cliffs, New Jersey.
- Fraden. 1996. Hand Book Of Modern Sensors. The Moscan Inc San Diego, California.
- Hartono. 2003. Konsep Dasar Pemograman Bahasa C, ANDI, Yogyakarta.
- Hidayat. 2004. Rancang Bangun Alat Ukur Pencacah Objek Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Fototransistor, Skripsi Sarjana, Universitas Andalas, Padang.
- Sears. 1993. Fisika Universitas, Erlangga, Jakarta.
- Simanjuntak, S.V. 2001. Dasar-Dasar Mikroposessor, Kanisius. Yogyakarta.
- Sutrisno. 1986. Elektonika Teori Dasar dan Penerapan I, ITB, Bandung.
- Totok B. 2005. Belajar Dengan Mudah dan Cepat Pemrograman Bahasa C Dengan SDCC Pada Mikrokontroler AT89x051/AT89C51/52 Teori, Simulasi, dan Aplikasi, Gava Media, Yogyakarta.
- <http://www.Alldatasheet.com>, 05 Oktober 2007
- <http://www.elektronika.co.id> 2 Januari 2008

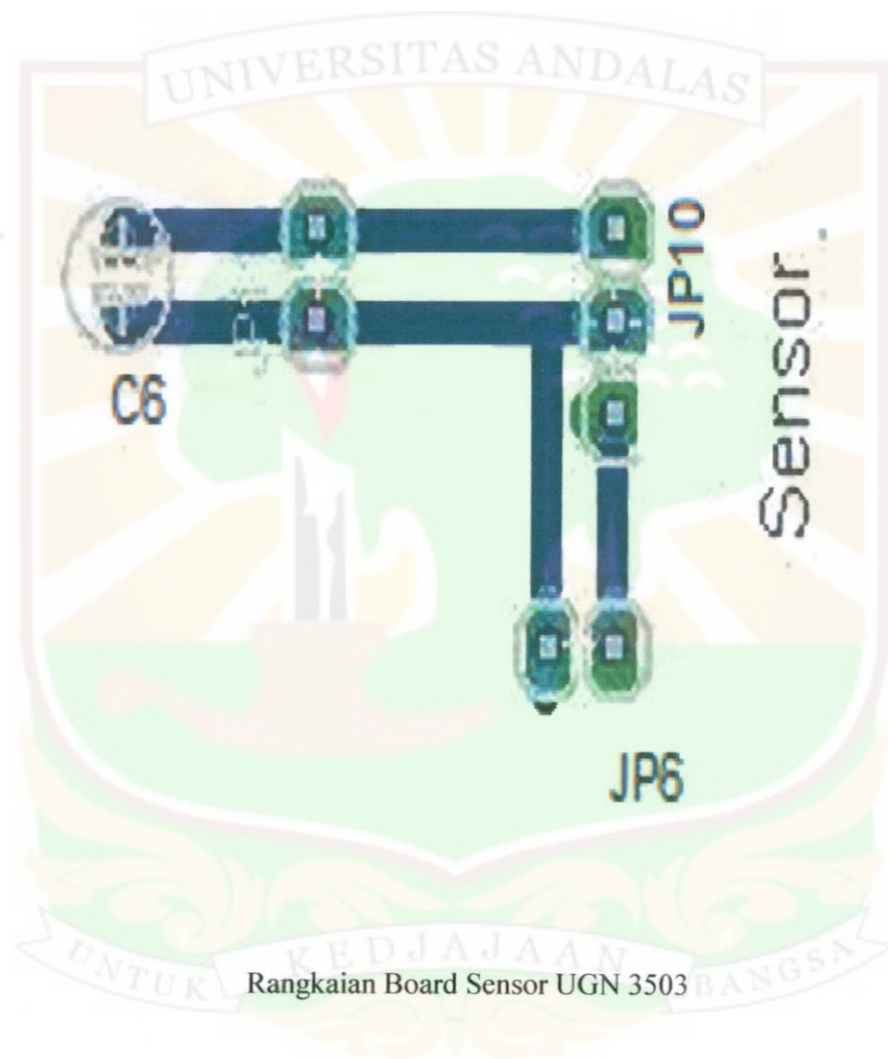


Gambar Lampiran 1.



Rangkaian Board catu daya.

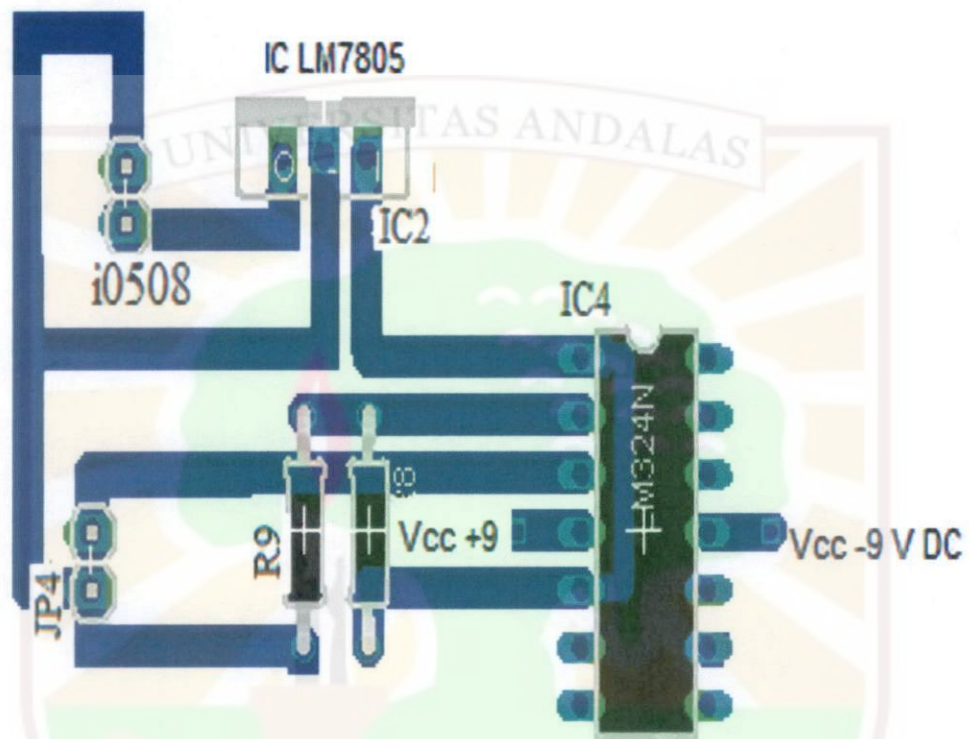
Lampiran 2.



MILIK  
UPT PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS ANDALAS

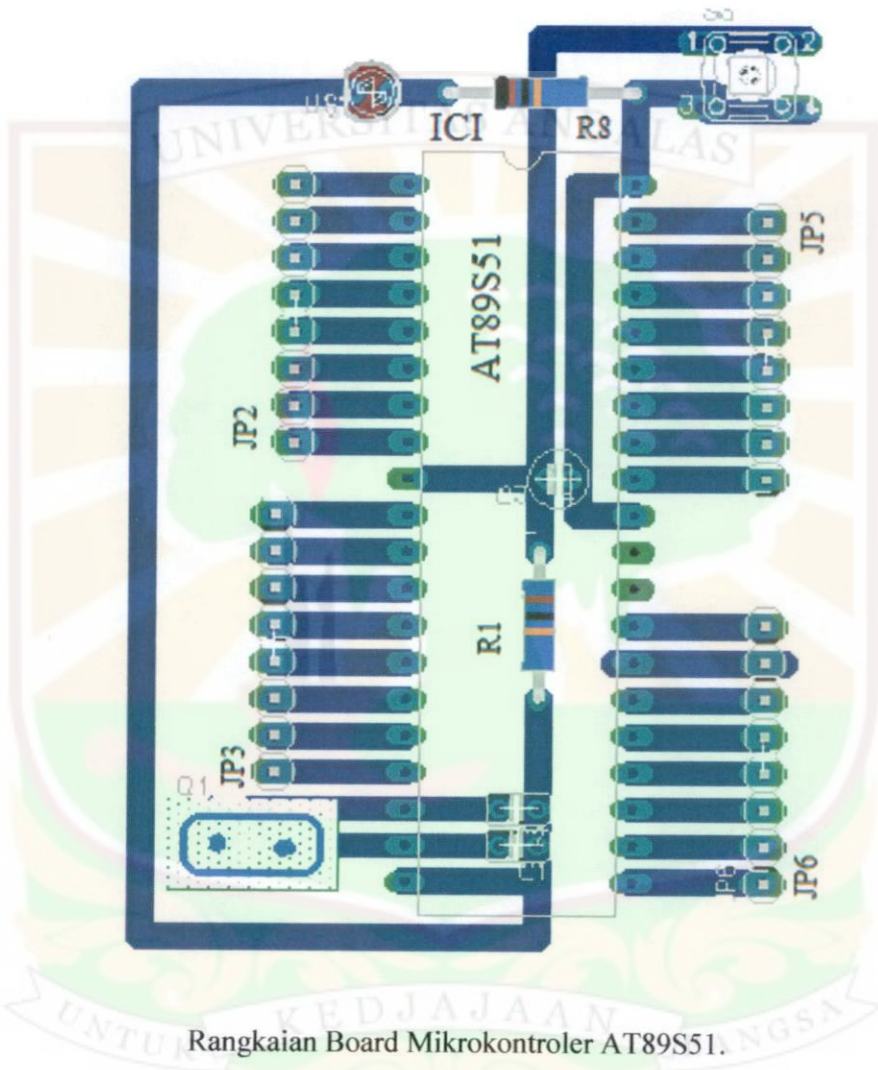


Gambar Lampiran 3.



Rangkaian Board penguat dengan LM 324.

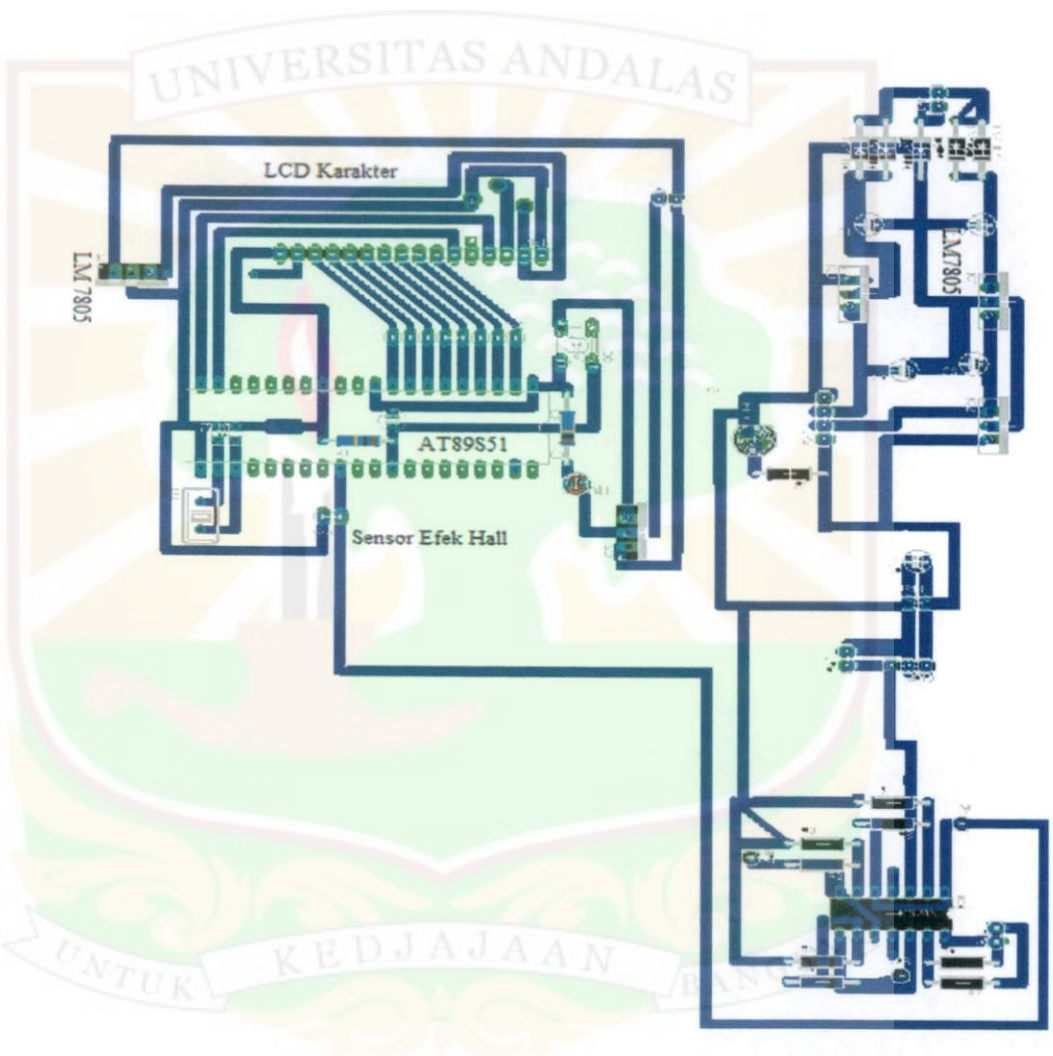
Lampiran 4.



Rangkaian Board Mikrokontroler AT89S51.



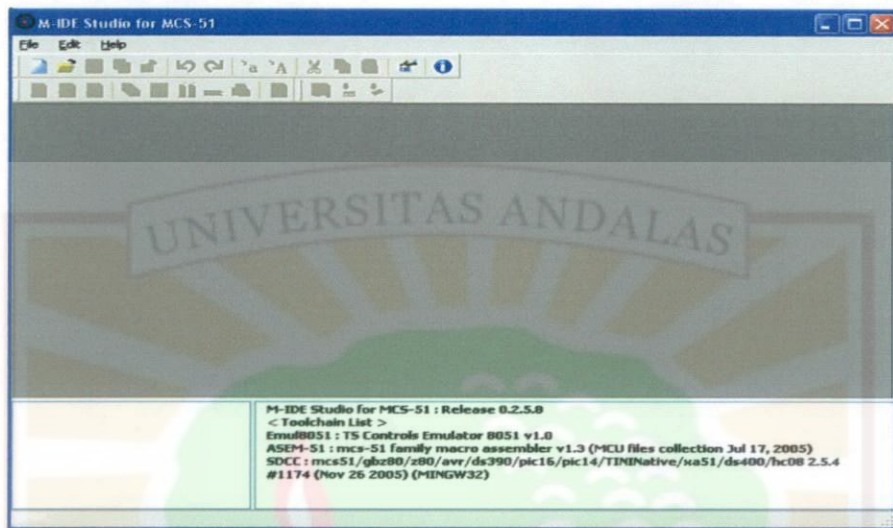
Gambar Lampiran 5.



Rangkaian Board alat ukur kecepatan putar motor  
berbasis mikrokontroler AT89S51.

Lampiran 6. Tahap-tahap menggunakan software M-IDE51.

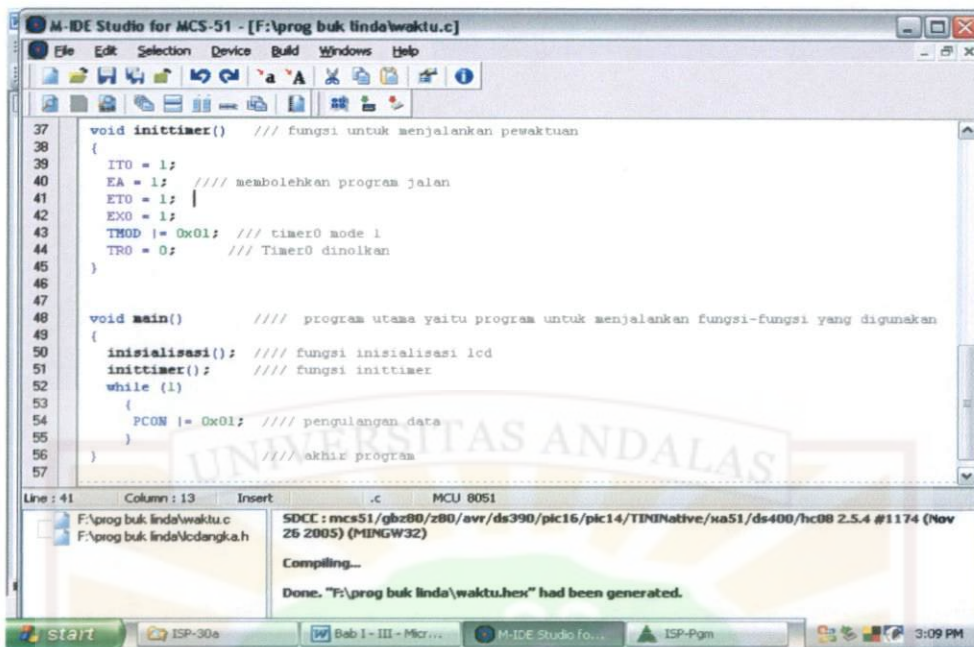
a. M-IDE51 dibuka sehingga muncul tampilan seperti Gambar 1.



**Gambar 1.** Tampilan awal M-IDE51.

- b. Buatlah file C baru dengan mengklik menu *file* dan memilih *new*.
- c. Ketikkan Program C seperti yang terdapat pada bagian 2.
- d. Buka *File*, kemudian pilih *save* untuk menyimpan program yang telah dibuat dengan tipe C ( contoh : D:\prog\prog1.c ).
- e. *Compile* Program dengan cara mengklik tombol *build* pada *toolbar*, jika peng-*compile*-an sukses maka akan dihasilkan *file* berekstensi **.hex** pada *folder* tempat kita menyimpan file C tadi seperti Gambar 2.

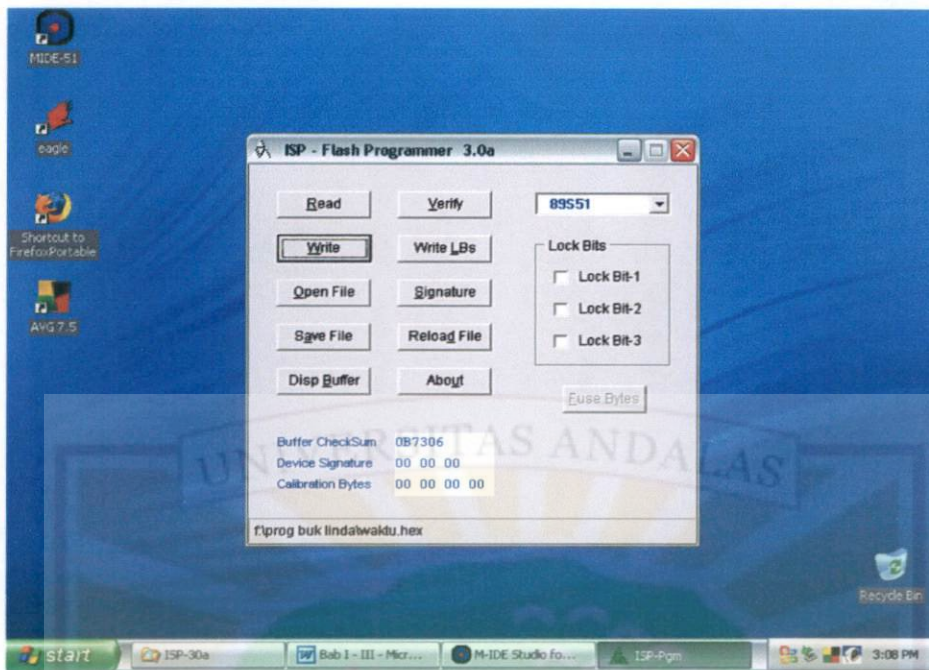




**Gambar 2.** Kotak dialog hasil *Compile*

f. File berekstensi **.hex** hasil dari *Compile* dipindahkan ke mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan ISP-Flash Programmer 3.0a dengan cara sebagai berikut :

- Pasang AT89S51 pada rangkaian target .
- Hubungkan rangkaian target dengan konektor DB 25 pada komputer.
- Rangkaian target diberi catu daya 5 volt DC.
- Dibuka ISP-Flash Programmer 3.0a pada komputer sehingga tampilan seperti Gambar 3.



**Gambar 3.** Tampilan awal ISP-Flash Programmer 3.0a

- AT89S51 dipilih untuk jenis mikrokontroler yang digunakan.
- Klik *Verify* untuk mengecek terhubung atau tidaknya komputer dengan rangkaian target.
- Jika tidak ada pesan *no response from  $\mu C$*  setelah *verify* (jika ada, periksa rangkaian target dan AT89S51-nya apakah sudah terpasang dengan benar), maka klik *Open File* untuk mengambil *file* berekstensi **.hex** pada *folder* tempat kita menyimpan *file* C tadi.
- Klik *Write* untuk menulis *file* berekstensi **.hex** tersebut ke rangkaian penanam mikrokontroler, sehingga tampil Gambar 4.





**Gambar 4.** Tampilan sukses pemindahan data ke mikrokontroler AT89S51

- Terakhir pindahkan AT89S51 ke rangkaian mikrokontroler yang digunakan.

## LM124/LM224/LM324/LM2902

### Low Power Quad Operational Amplifiers

#### General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15\text{V}$  power supplies.

#### Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

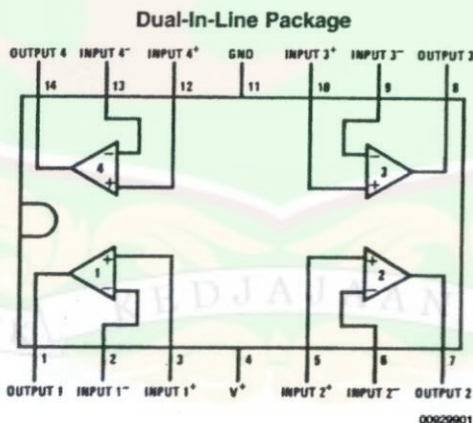
#### Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and  $V_{\text{OUT}}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

#### Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:  
Single supply 3V to 32V  
or dual supplies  $\pm 1.5\text{V}$  to  $\pm 16\text{V}$
- Very low supply current drain (700  $\mu\text{A}$ )—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to  $V^+ - 1.5\text{V}$

#### Connection Diagrams



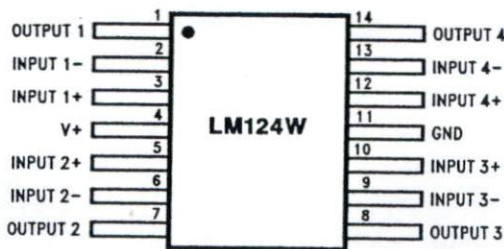
#### Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)

See NS Package Number J14A, M14A or N14A



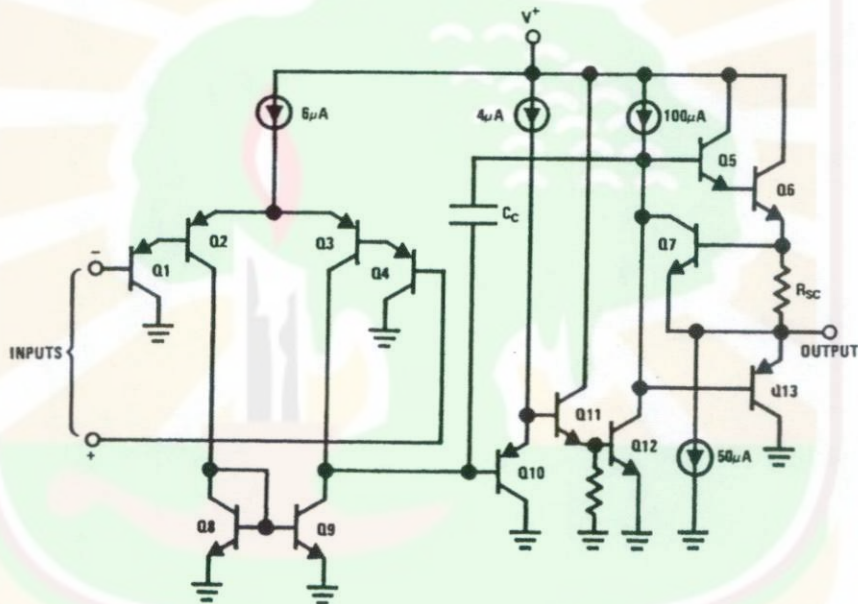
Connection Diagrams (Continued)



Order Number LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883  
LM124AWRQML and LM124AWRQMLV(Note 3)  
See NS Package Number W14B  
LM124AWGRQML and LM124AWGRQMLV(Note 3)  
See NS Package Number WG14A

- Note 1: LM124A available per JM38510/11006
- Note 2: LM124 available per JM38510/11005
- Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device

Schematic Diagram (Each Amplifier)



## Absolute Maximum Ratings (Note 12)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, $V^+$	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ( $V_{IN} < -0.3V$ ) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) $V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

## Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$ , (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		1	2		1	3		2	3	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$		20	50		40	80		45	100	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$		2	10		2	15		5	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = 30V$ , (LM2902, $V^+ = 26V$ ), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$ ) $V^+ = 5V$		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
			0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$ , $R_L \geq 2k\Omega$ , ( $V_O = 1V$ to $11V$ ), $T_A = 25^\circ C$	50	100		50	100		25	100		V/mV
Common-Mode	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$ ,	70	85		70	85		65	85		dB



**Electrical Characteristics** (Continued)  
V\* = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter		Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Rejection Ratio		T <sub>A</sub> = 25°C										
Power Supply Rejection Ratio		V* = 5V to 30V (LM2902, V* = 5V to 26V), T <sub>A</sub> = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)		f = 1 kHz to 20 kHz, T <sub>A</sub> = 25°C (Input Referred)	-120			-120			-120			dB
Output Current	Source	V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, V* = 15V, V <sub>O</sub> = 2V, T <sub>A</sub> = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink	V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V* = 15V, V <sub>O</sub> = 2V, T <sub>A</sub> = 25°C	10	20		10	20		10	20		
		V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V* = 15V, V <sub>O</sub> = 200 mV, T <sub>A</sub> = 25°C	12	50		12	50		12	50		µA
Short Circuit to Ground		(Note 5) V* = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage		(Note 8)		4			4			5		mV
V <sub>OS</sub> Drift		R <sub>S</sub> = 0Ω		7	20		7	20		7	30	µV/°C
Input Offset Current		I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V		30			30			75		nA
I <sub>OS</sub> Drift		R <sub>S</sub> = 0Ω		10	200		10	200		10	300	pA/°C
Input Bias Current		I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub>		40	100		40	100		40	200	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)		V* = +30V (LM2902, V* = 26V)	0		V*-2	0		V*-2	0		V*-2	V
Large Signal Voltage Gain		V* = +15V (V <sub>O</sub> Swing = 1V to 11V) R <sub>L</sub> ≥ 2 kΩ	25			25			15			V/mV
Output Voltage Swing	V <sub>OH</sub>	V* = 30V (LM2902, V* = 26V)	26			26			26			V
		R <sub>L</sub> = 2 kΩ										
		R <sub>L</sub> = 10 kΩ	27	28		27	28		27	28		
Output Current	Source	V <sub>O</sub> = 2V	10	20		10	20		10	20		mA
		V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = +1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, V* = 15V										
	Sink	V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = +1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V* = 15V	10	15		5	8		5	8		

**Electrical Characteristics**  
V\* = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) T <sub>A</sub> = 25°C	2		5	2		7	2		7	mV
Input Bias Current (Note 9)	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C	45		150	45		250	45		250	nA
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C	3		30	5		50	5		50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V* = 30V, (LM2902, V* = 26V), T <sub>A</sub> = 25°C	0		V*-1.5	0		V*-1.5	0		V*-1.5	V



**Electrical Characteristics** (Continued)V<sup>+</sup> = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter		Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units	
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Supply Current		Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$ ) $V^+ = 5V$		1.5 0.7	3 1.2		1.5 0.7	3 1.2		1.5 0.7	3 1.2	mA	
Large Signal Voltage Gain		$V^+ = 15V$ , $R_L \geq 2k\Omega$ , ( $V_O = 1V$ to $11V$ ), $T_A = 25^\circ C$	50	100		25	100		25	100			V/mV
Common-Mode Rejection Ratio		DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$ , $T_A = 25^\circ C$	70	85		65	85		50	70		dB	
Power Supply Rejection Ratio		$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$ ), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		50	100		dB	
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)		$f = 1\text{ kHz}$ to $20\text{ kHz}$ , $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB	
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1V$ , $V_{IN}^- = 0V$ ,  $V^+ = 15V$ , $V_O = 2V$ , $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA	
	Sink	$V_{IN}^- = 1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 2V$ , $T_A = 25^\circ C$	10	20		10	20		10	20			
			$V_{IN}^- = 1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 200\text{ mV}$ , $T_A = 25^\circ C$	12	50		12	50		12	50		$\mu A$
Short Circuit to Ground		(Note 5) $V^+ = 15V$ , $T_A = 25^\circ C$		40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage		(Note 8)			7			9			10	mV	
$V_{OS}$ Drift		$R_S = 0\Omega$			7			7			7	$\mu V/^\circ C$	
Input Offset Current		$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$			100			150			45	200	nA
$I_{OS}$ Drift		$R_S = 0\Omega$			10			10			10	$pA/^\circ C$	
Input Bias Current		$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	300		40	500		40	500	nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)		$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V	
Large Signal Voltage Gain		$V^+ = +15V$ ( $V_O$ Swing = $1V$ to $11V$ ) $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25			15			15			V/mV	
Output Voltage Swing	$V_{OH}$	$V^+ = 30V$  (LM2902, $V^+ = 26V$ )	26			26			22			V	
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$  $R_L = 10\text{ k}\Omega$	27	28		27	28		23	24			
	$V_{OL}$	$V^+ = 5V$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$		5	20		5	20		5	100	mV	
Output Current	Source	$V_O = 2V$  $V_{IN}^+ = +1V$ ,  $V_{IN}^- = 0V$ , $V^+ = 15V$	10	20		10	20		10	20		mA	
	Sink	$V_{IN}^- = +1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$	5	8		5	8		5	8			

**Note 4:** For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 88°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

**Note 5:** Short circuits from the output to V<sup>+</sup> can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V<sup>+</sup>. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

**Note 6:** This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action



Electrical Characteristics (Continued)

on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the  $V^+$  voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than  $-0.3V$  (at  $25^\circ C$ ).

**Note 7:** These specifications are limited to  $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$  for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to  $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ , the LM324/LM324A temperature specifications are limited to  $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$ , and the LM2902 specifications are limited to  $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ .

**Note 8:**  $V_O = 1.4V$ ,  $R_S = 0\Omega$  with  $V^+$  from  $5V$  to  $30V$ ; and over the full input common-mode range ( $0V$  to  $V^+ - 1.5V$ ) for LM2902,  $V^+$  from  $5V$  to  $26V$ .

**Note 9:** The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

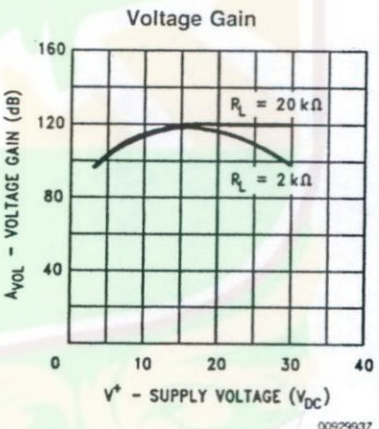
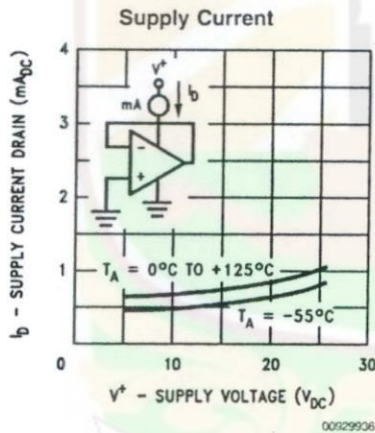
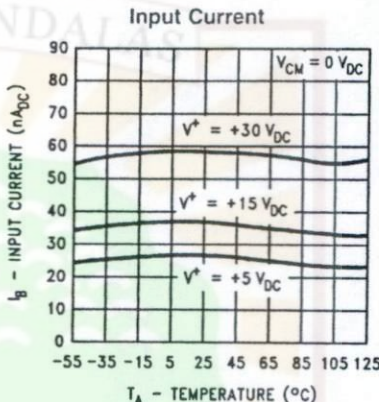
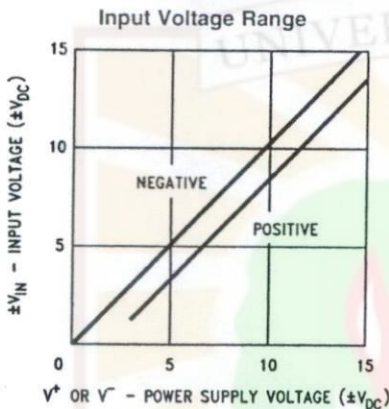
**Note 10:** The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than  $0.3V$  (at  $25^\circ C$ ). The upper end of the common-mode voltage range is  $V^+ - 1.5V$  (at  $25^\circ C$ ), but either or both inputs can go to  $+32V$  without damage ( $+26V$  for LM2902), independent of the magnitude of  $V^+$ .

**Note 11:** Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

**Note 12:** Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

**Note 13:** Human body model,  $1.5\text{ k}\Omega$  in series with  $100\text{ pF}$ .

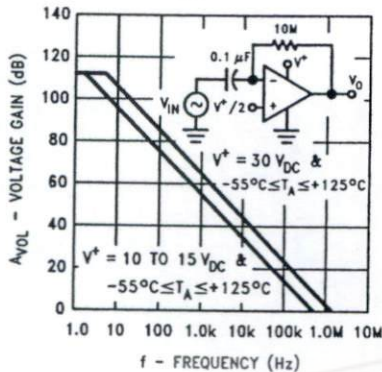
Typical Performance Characteristics



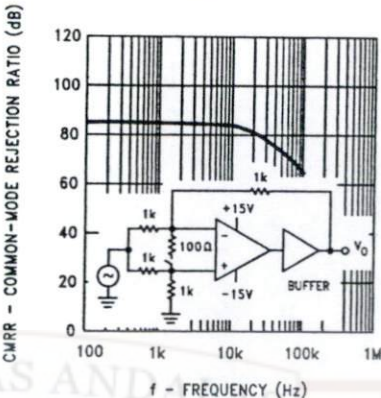
Typical Performance Characteristics (Continued)

LM124/LM224/LM324/LM2902

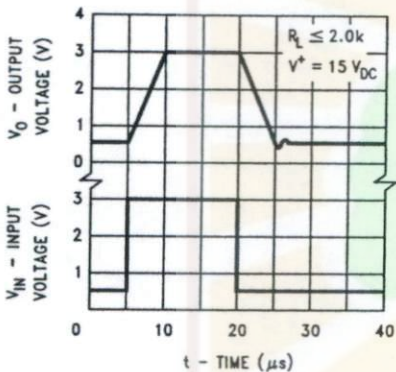
Open Loop Frequency Response



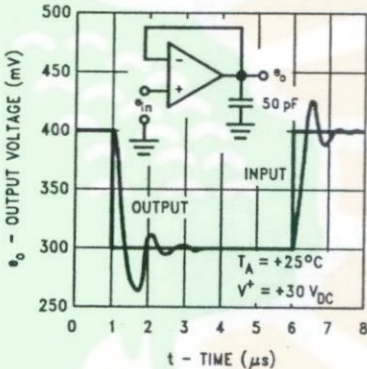
Common Mode Rejection Ratio



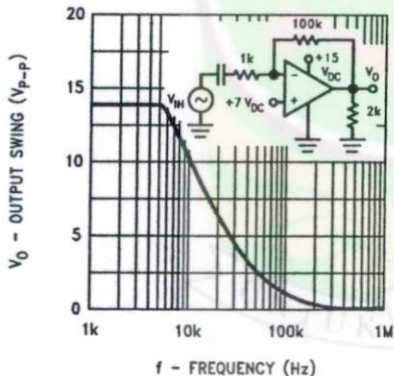
Voltage Follower Pulse Response



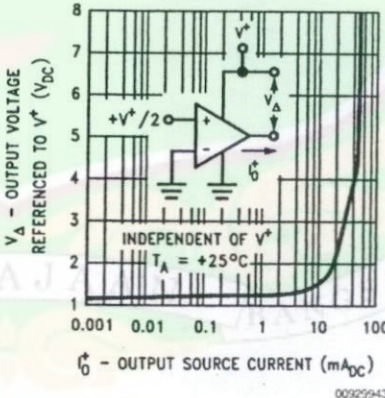
Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)



Large Signal Frequency Response

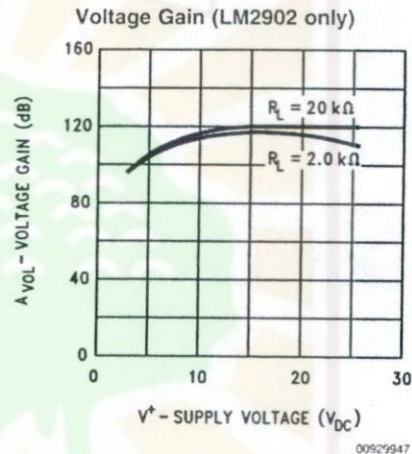
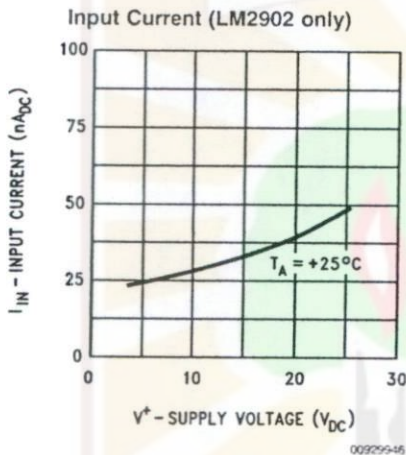
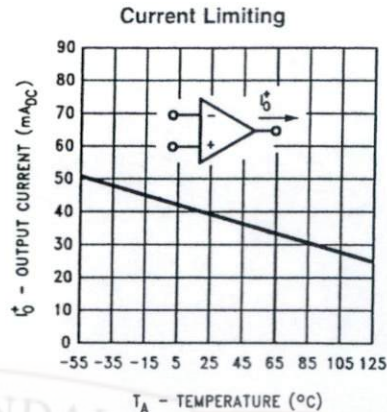
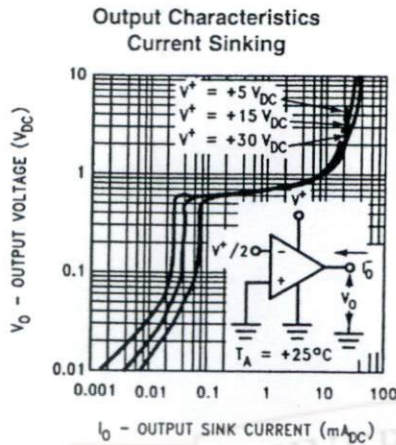


Output Characteristics Current Sourcing





# Typical Performance Characteristics (Continued)



## Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of  $0 V_{DC}$ . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At  $25^\circ C$  amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of  $2.3 V_{DC}$ .

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than  $V^+$  without damaging the device. Protection

should be provided to prevent the input voltages from going negative more than  $-0.3 V_{DC}$  (at  $25^\circ C$ ). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of  $50 pF$  can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

## Application Hints (Continued)

The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from  $3 V_{DC}$  to  $30 V_{DC}$ .

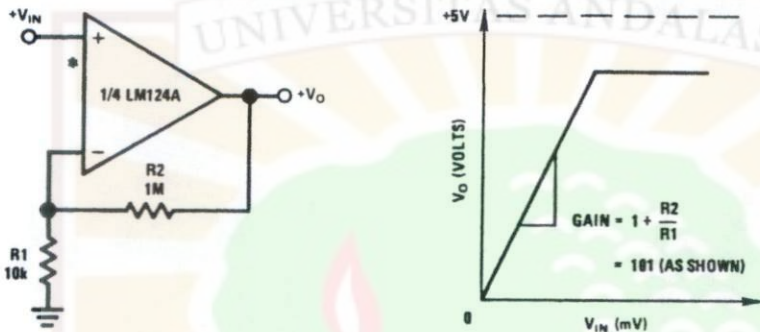
Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of

output source current which is available at  $25^{\circ}\text{C}$  provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of  $V^{+}/2$ ) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

## Typical Single-Supply Applications ( $V^{+} = 5.0 V_{DC}$ )

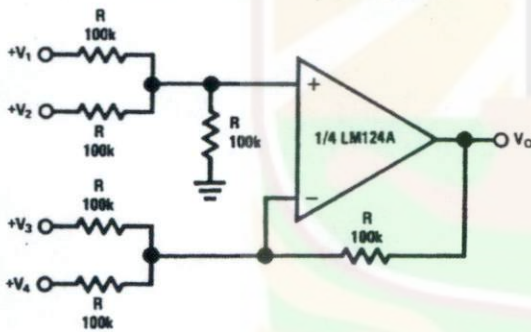
Non-Inverting DC Gain (0V Input = 0V Output)



00929905

\*R not needed due to temperature independent  $I_{IN}$

DC Summing Amplifier  
( $V_{IN'S} \geq 0 V_{DC}$  and  $V_O \geq V_{DC}$ )

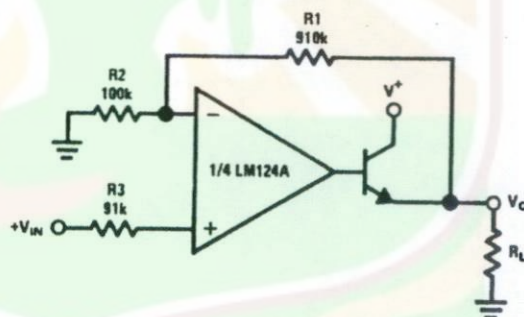


00929906

Where:  $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$

$(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$  to keep  $V_O > 0 V_{DC}$

Power Amplifier



00929907

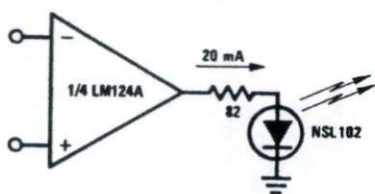
$V_O = 0 V_{DC}$  for  $V_{IN} = 0 V_{DC}$

$A_v = 10$



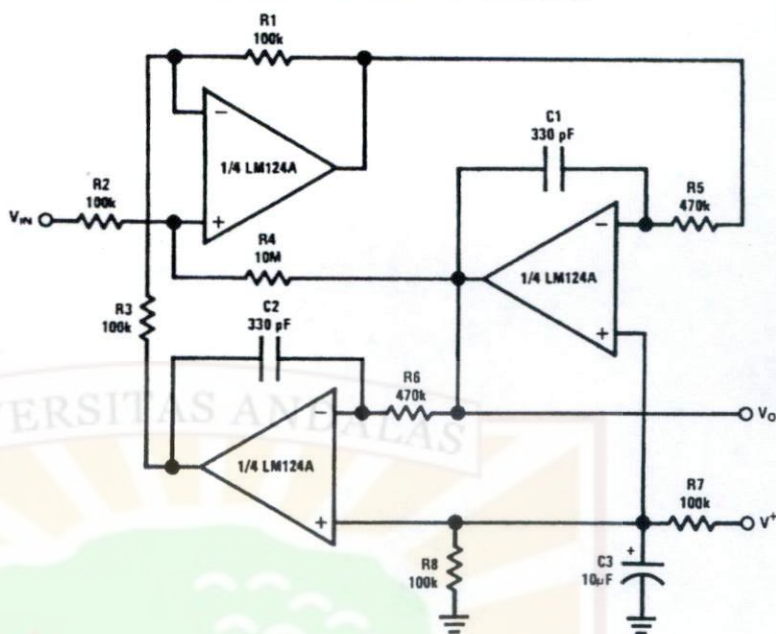
### Typical Single-Supply Applications (V<sup>+</sup> = 5.0 V<sub>DC</sub>) (Continued)

## LED Driver



0092990A

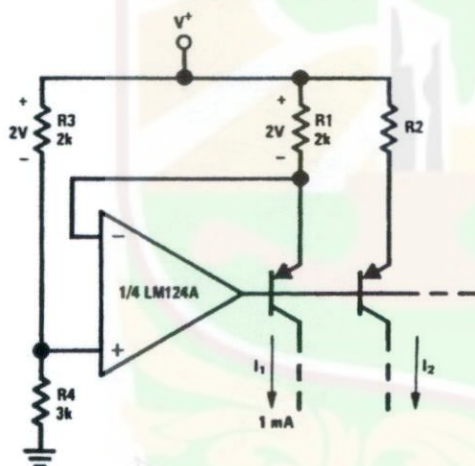
### "BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter



00929909

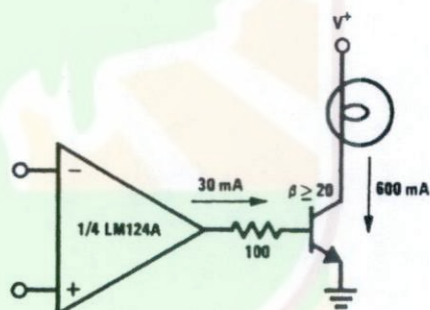
$$f_o = 1 \text{ kHz}$$
$$Q = 50$$
$$A_V = 100 \text{ (40 dB)}$$

### Fixed Current Sources



$$I_2 = \left( \frac{R_1}{R_2} \right) I_1$$

### Lamp Driver

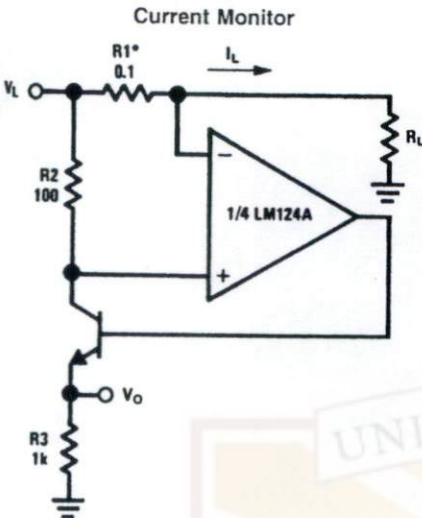


00929911

Typical Single-Supply Applications

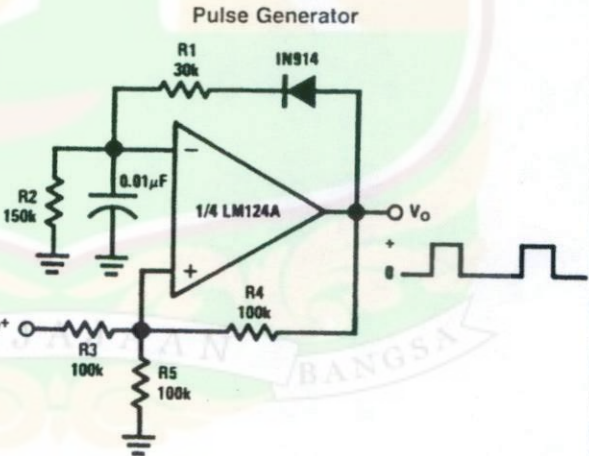
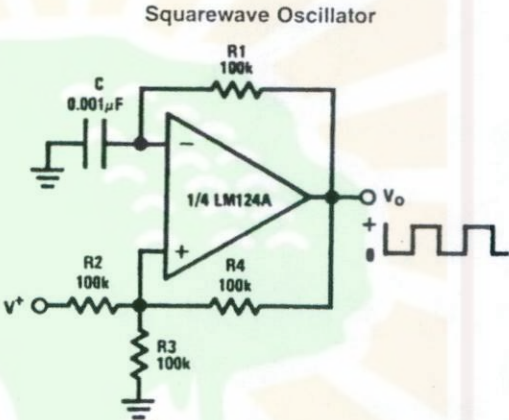
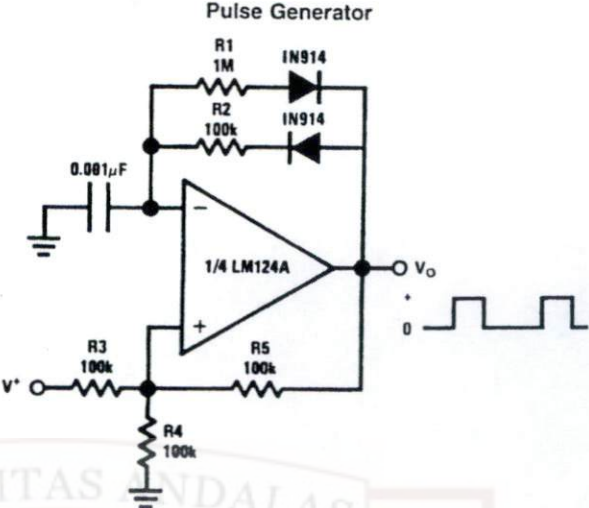
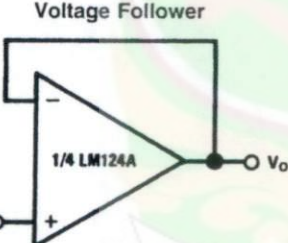
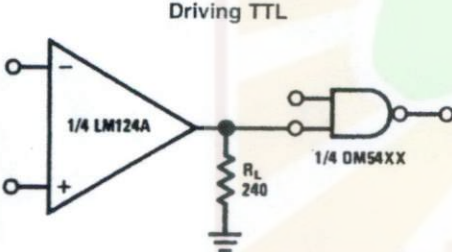
(V+ = 5.0 V<sub>OC</sub>) (Continued)

LM124/LM224/LM324/LM2902



$$V_O = \frac{1V(I_L)}{1A}$$
$$V_L \leq V^+ - 2V$$

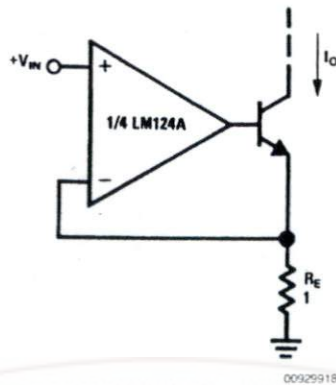
\*(Increase R1 for I<sub>L</sub> small)





Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0\text{ V}_{\text{DC}}$ ) (Continued)

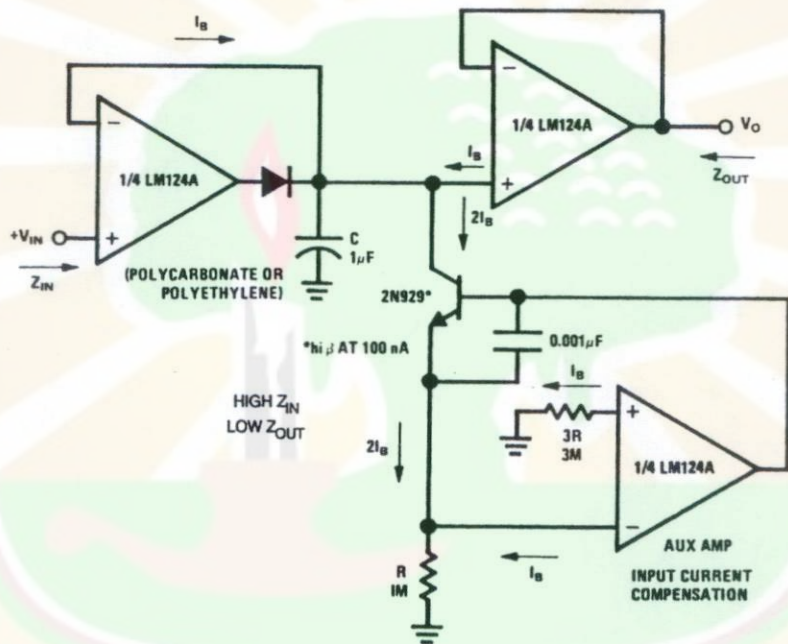
High Compliance Current Sink



$I_O = 1\text{ amp/volt } V_{\text{IN}}$   
(Increase  $R_E$  for  $I_O$  small)

00929918

Low Drift Peak Detector

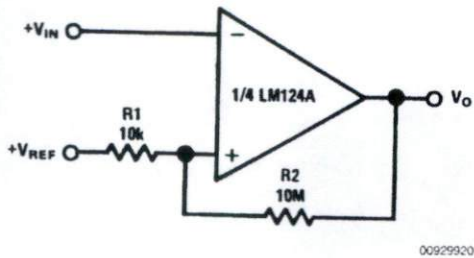


00929919

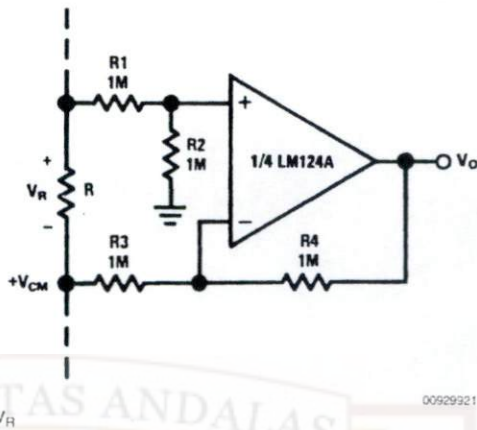
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0\text{ V}_{\text{DC}}$ ) (Continued)

LM124/LM224/LM324/LM2902

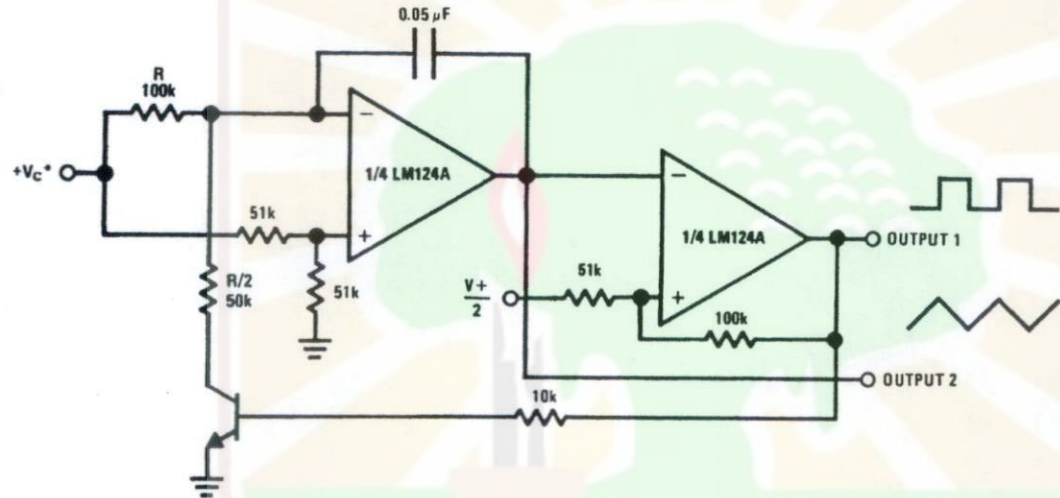
Comparator with Hysteresis



Ground Referencing a Differential Input Signal

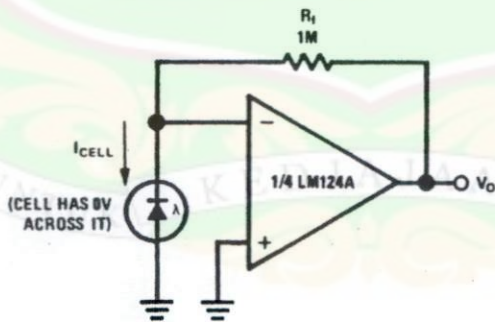


Voltage Controlled Oscillator Circuit



\*Wide control voltage range:  $0\text{ V}_{\text{DC}} \leq V_C \leq 2\text{ (V}^+ - 1.5\text{ V}_{\text{DC}})$

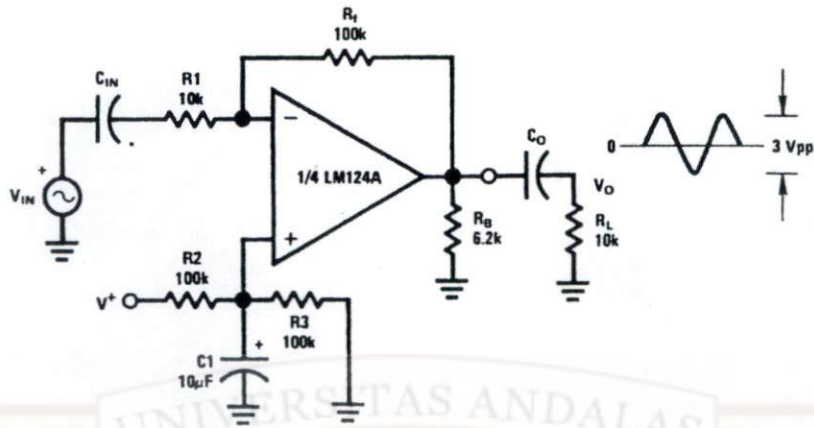
Photo Voltaic-Cell Amplifier





Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0\text{ V}_{\text{DC}}$ ) (Continued)

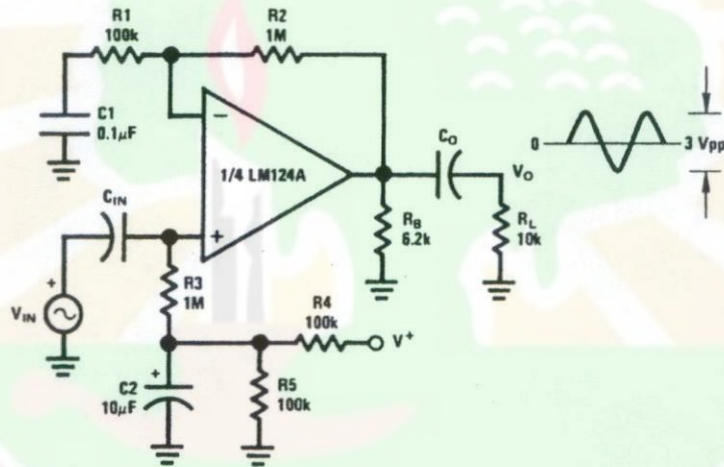
AC Coupled Inverting Amplifier



00929924

$$A_V = \frac{R_f}{R_1} \text{ (As shown, } A_V = 10 \text{)}$$

AC Coupled Non-Inverting Amplifier



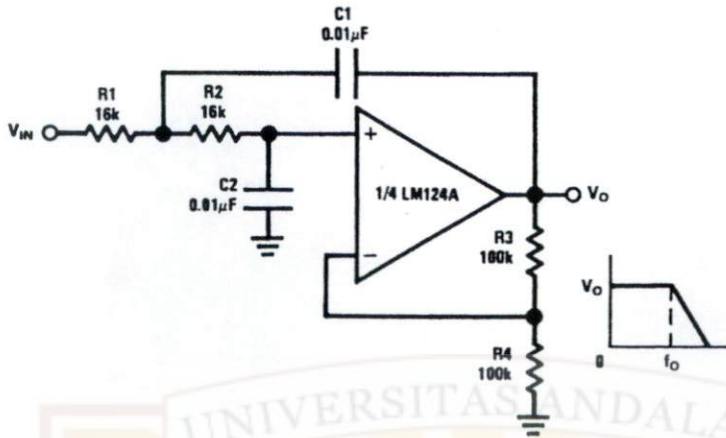
00929925

$$A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$A_V = 11 \text{ (As shown)}$$

# Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

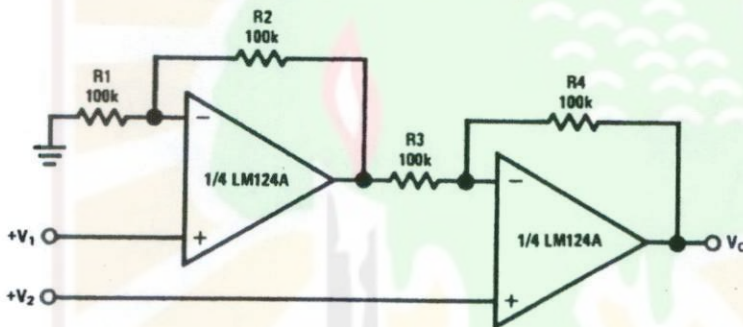
## DC Coupled Low-Pass RC Active Filter



00929926

$f_0 = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 1$   
 $A_V = 2$

## High Input Z, DC Differential Amplifier



00929927

For  $\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$  (CMRR depends on this resistor ratio match)

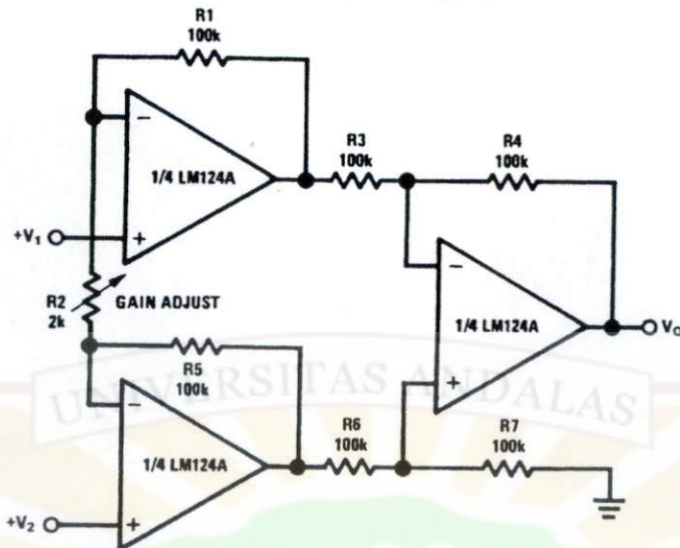
$$V_O = 1 + \frac{R4}{R3} (V_2 - V_1)$$

As shown:  $V_O = 2(V_2 - V_1)$



Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0\text{ V}_{DC}$ ) (Continued)

High Input Z Adjustable-Gain  
DC Instrumentation Amplifier



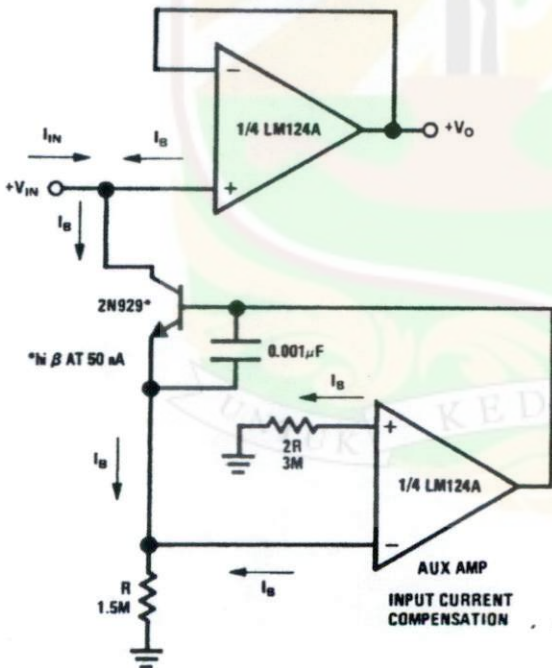
00929928

If  $R1 = R5$  &  $R3 = R4 = R6 = R7$  (CMRR depends on match)

$$V_O = 1 + \frac{2R1}{R2} (V_2 - V_1)$$

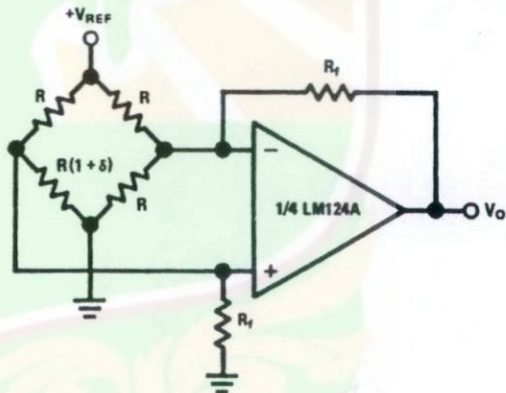
As shown  $V_O = 101 (V_2 - V_1)$

Using Symmetrical Amplifiers to  
Reduce Input Current (General Concept)



00929929

Bridge Current Amplifier

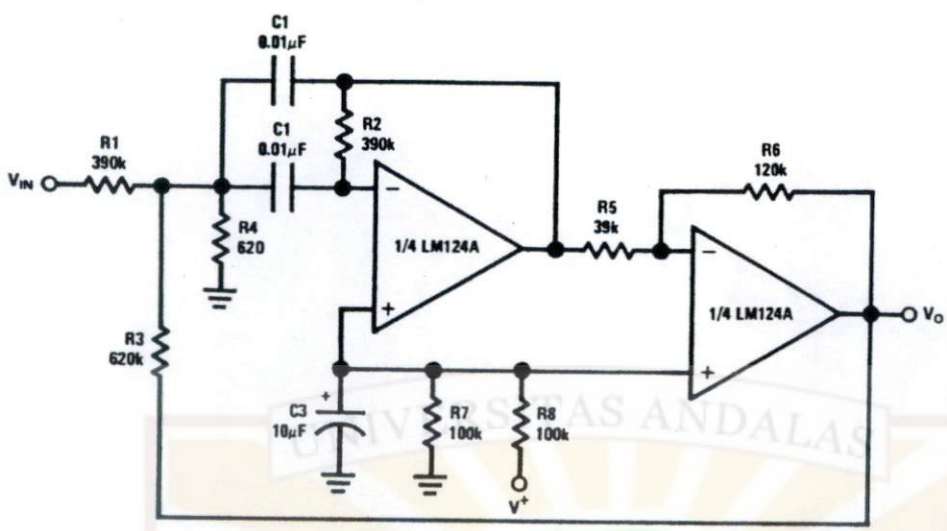


00929930

For  $\delta \ll 1$  and  $R_f \gg R$

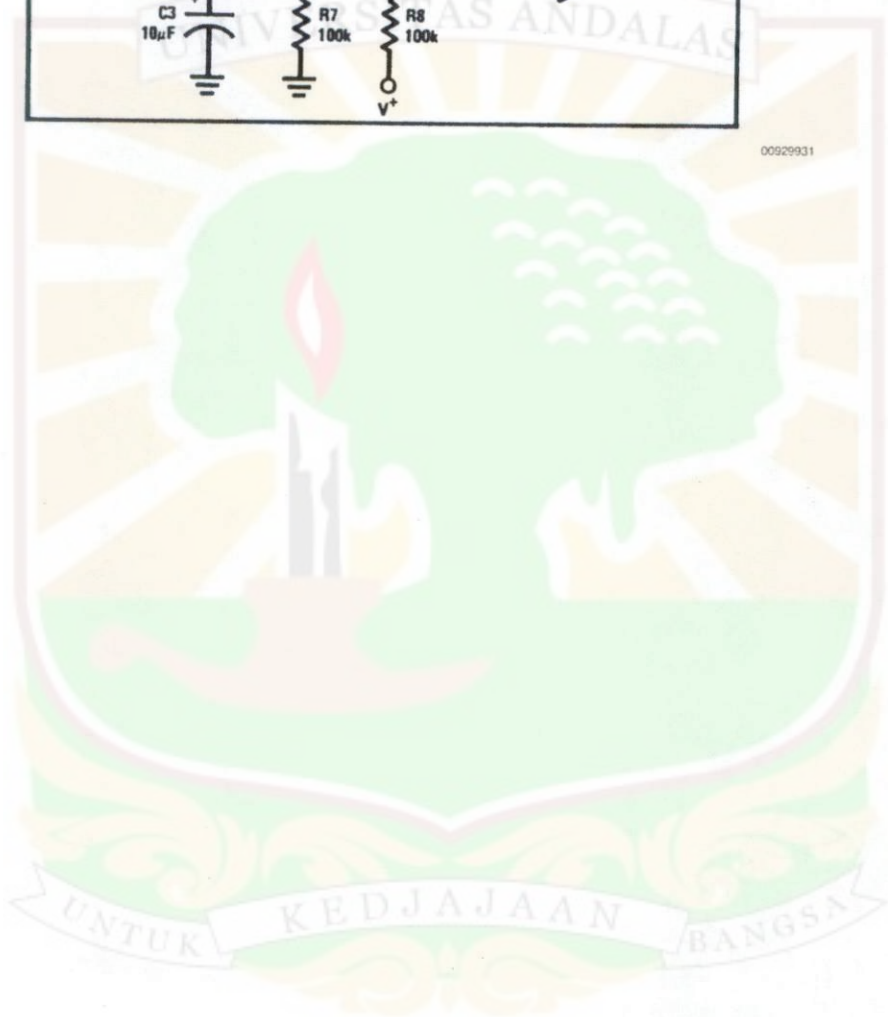
$$V_O \approx V_{REF} \left( \frac{\delta}{2} \right) \frac{R_f}{R}$$

Bandpass Active Filter



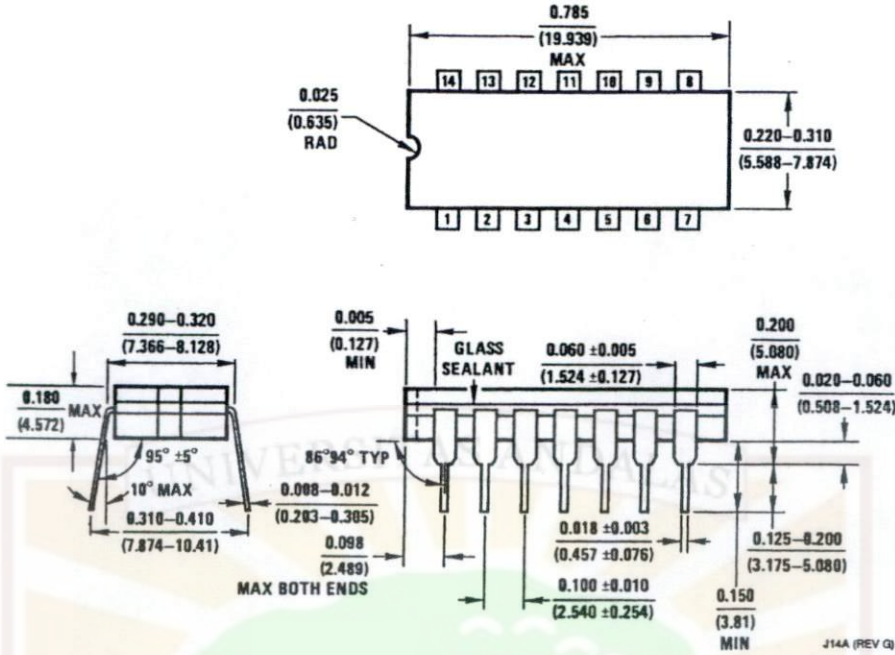
$f_0 = 1\text{ kHz}$   
 $Q = 25$

00929931

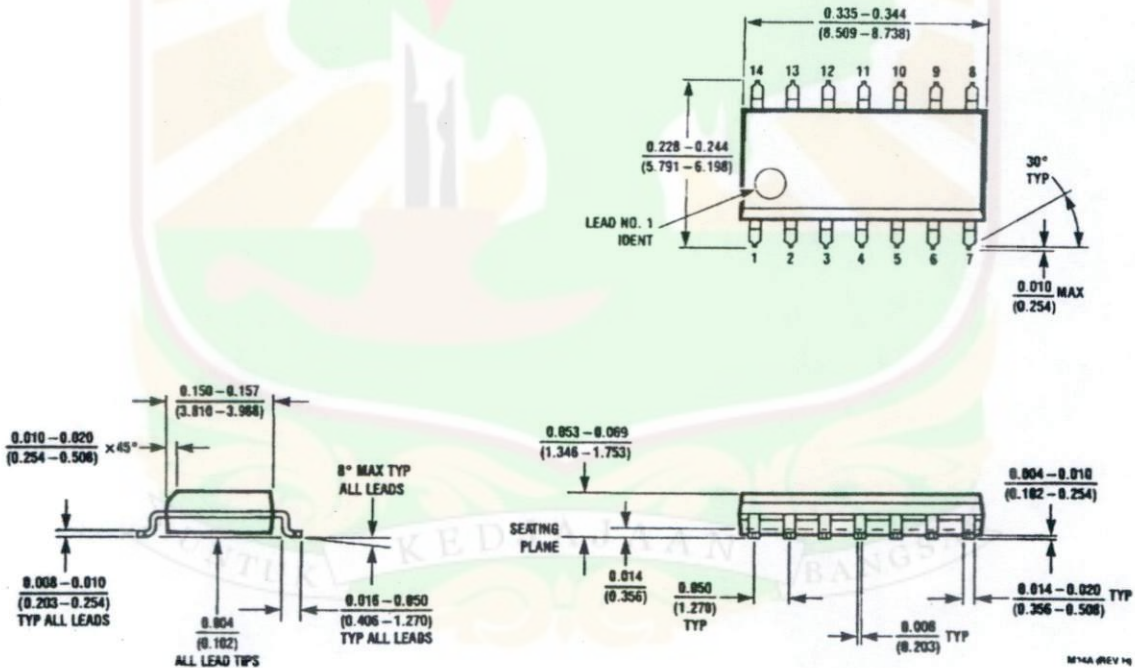




Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



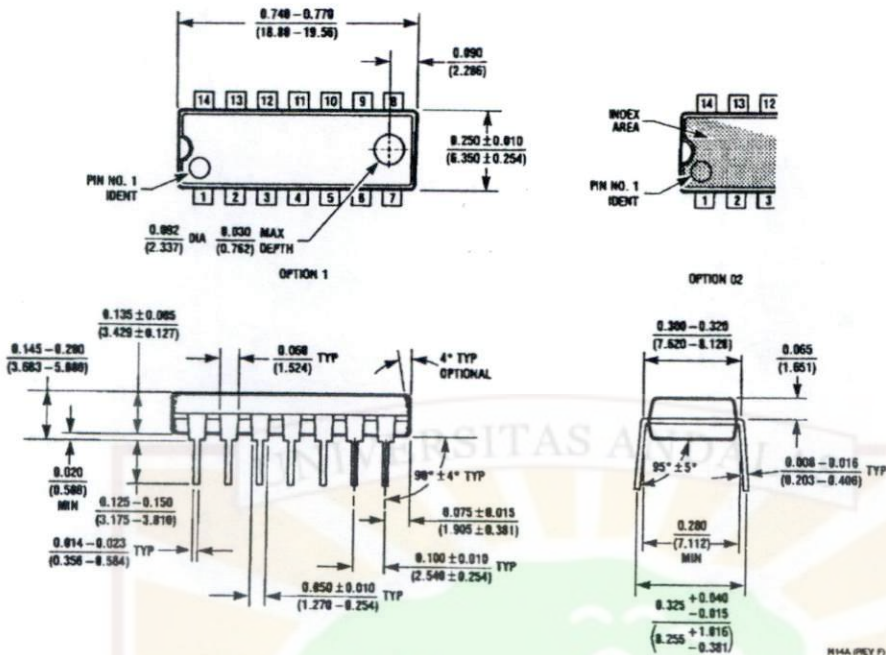
Ceramic Dual-In-Line Package (J)  
Order Number JL124ABCA, JL124BCA, JL124ASCA, JL124SCA, LM124J,  
LM124AJ, LM124AJ/883, LM124J/883, LM224J, LM224AJ or LM324J  
NS Package Number J14A



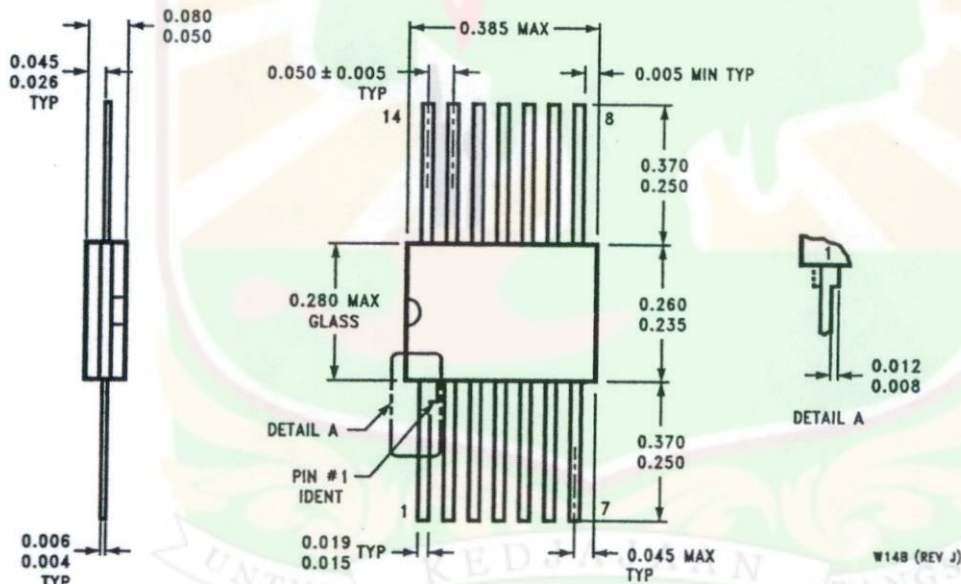
MX S.O. Package (M)  
Order Number LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M or LM2902MX  
NS Package Number M14A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

LM124/LM224/LM324/LM2902



Molded Dual-In-Line Package (N)  
Order Number LM324N, LM324AN or LM2902N  
NS Package Number N14A



Ceramic Flatpak Package  
Order Number JL124ABDA, JL124ABZA, JL124ASDA, JL124BDA, JL124BZA,  
JL124SDA, LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883  
NS Package Number W14B





## Features

- Compatible with MCS-51® Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
  - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

## Description

The AT89S51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S51 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.



## 8-bit Microcontroller with 4K Bytes In-System Programmable Flash

**AT89S51**

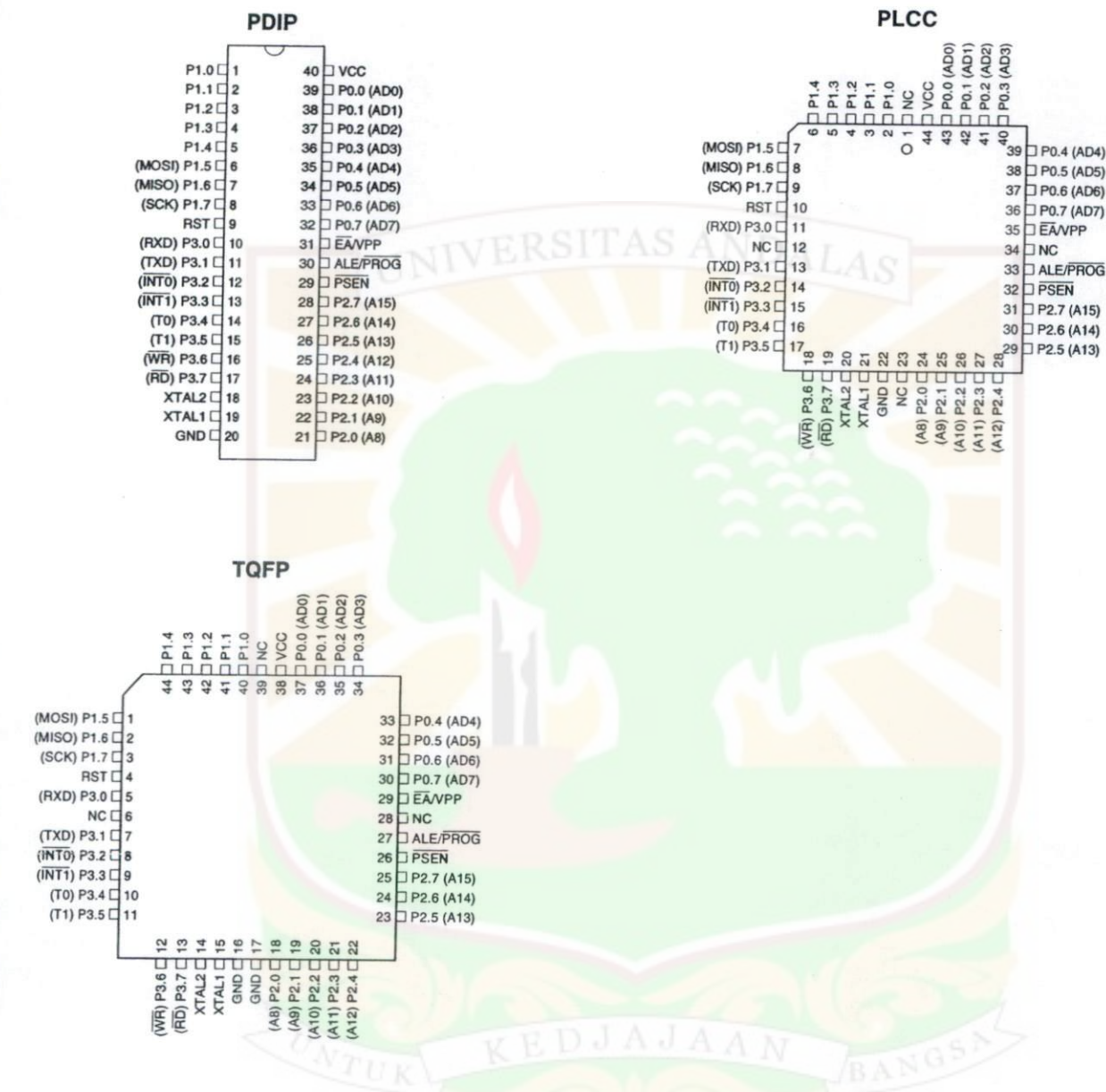
**Preliminary.**



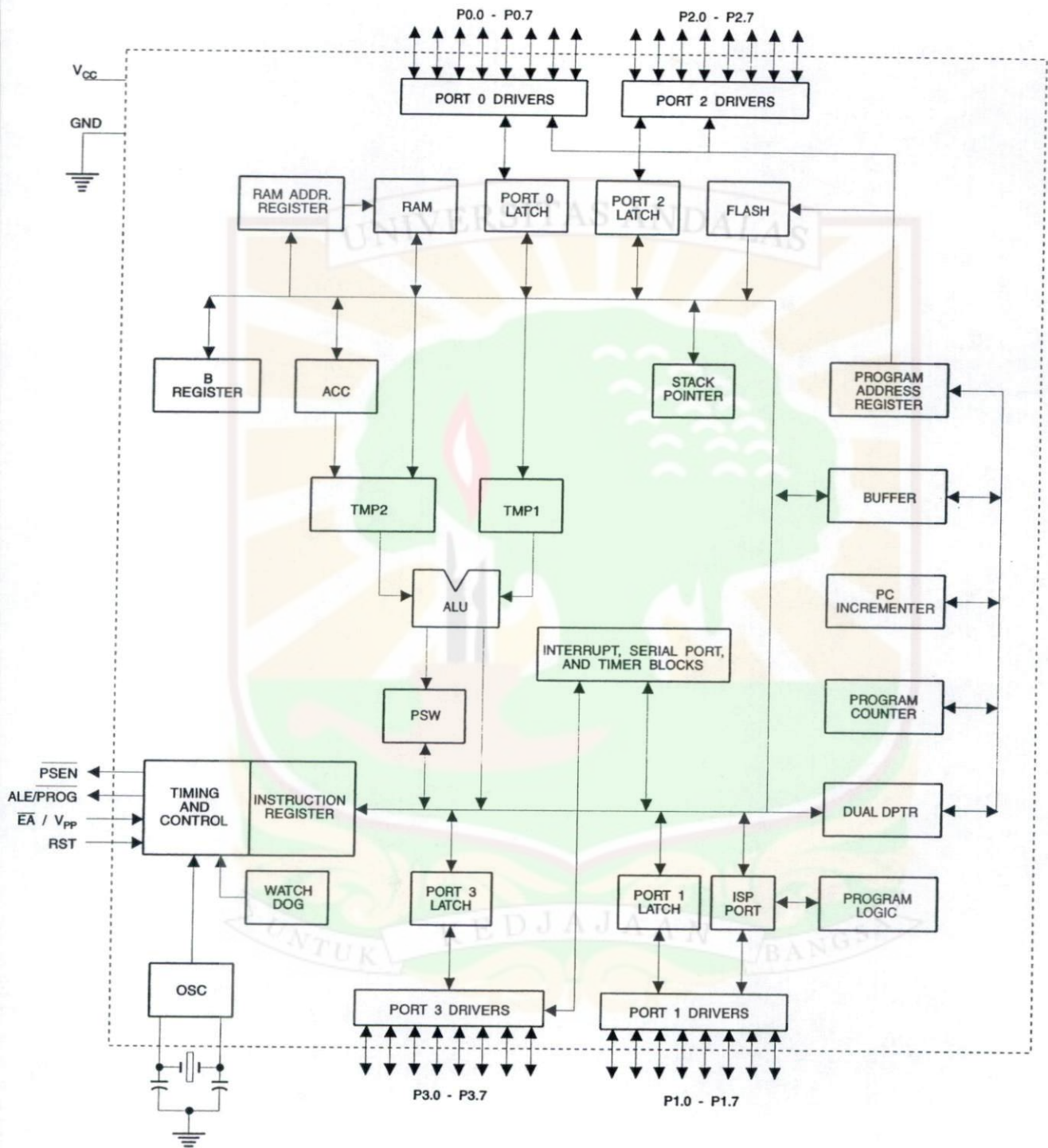




## Pin Configurations



### Block Diagram







Pin Description

VCC Supply voltage.

GND Ground.

Port 0 Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pull-ups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. **External pull-ups are required during program verification.**

Port 1 Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pull-ups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Port 2 Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pull-ups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3 Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the pull-ups.

Port 3 receives some control signals for Flash programming and verification.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S51, as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe)

## RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives High for 98 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

## ALE/PROG

Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ( $\overline{\text{PROG}}$ ) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

## PSEN

Program Store Enable ( $\overline{\text{PSEN}}$ ) is the read strobe to external program memory.

When the AT89S51 is executing code from external program memory,  $\overline{\text{PSEN}}$  is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

## EA/VPP

External Access Enable.  $\overline{\text{EA}}$  must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed,  $\overline{\text{EA}}$  will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$  should be strapped to  $V_{CC}$  for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage ( $V_{PP}$ ) during Flash programming.

## KTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

## KTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier





# Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXX0				WDTRST XXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00XX0		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XXX0000	87H

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

**Interrupt Registers:** The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the five interrupt sources in the IP register.

Table 2. AUXR: Auxiliary Register

AUXR

Address = 8EH

Reset Value = XXX00XX0B

Not Bit

Addressable

	—	—	—	WDIDLE	DISRTO	—	—	DISALE
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

—

Reserved for future expansion

DISALE

Disable/Enable ALE

DISALE

Operating Mode

0

ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency

1

ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction

DISRTO

Disable/Enable Reset out

DISRTO

0

Reset pin is driven High after WDT times out

1

Reset pin is input only

WDIDLE

Disable/Enable WDT in IDLE mode

WDIDLE

0

WDT continues to count in IDLE mode

1

WDT halts counting in IDLE mode

**Dual Data Pointer Registers:** To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Data Pointer Registers are provided: DP0 at SFR address locations 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in SFR AUXR1 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should always initialize the DPS bit to the appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.







**Power Off Flag:** The Power Off Flag (POF) is located at bit 4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by reset.

**Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1**

AUXR1							
Address = A2H							
Reset Value = XXXXXXX0B							
Not Bit Addressable							
Bit	7	6	5	4	3	2	1
	7	6	5	4	3	2	1
DPS							
0							
1							

## Memory Organization

### Program Memory

MCS-51 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

If the  $\overline{EA}$  pin is connected to GND, all program fetches are directed to external memory.

On the AT89S51, if  $\overline{EA}$  is connected to  $V_{CC}$ , program fetches to addresses 0000H through FFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 1000H through FFFFH are directed to external memory.

### Data Memory

The AT89S51 implements 128 bytes of on-chip RAM. The 128 bytes are accessible via direct and indirect addressing modes. Stack operations are examples of indirect addressing, so the 128 bytes of data RAM are available as stack space.

## Watchdog Timer One-time Enabled with Reset-out)

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 14-bit counter and the Watchdog Timer Reset (WDTRST) SFR. The WDT is defaulted to disable from exiting reset. To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. The WDT timeout period is dependent on the external clock frequency. There is no way to disable the WDT except through reset (either hardware reset or WDT overflow reset). When WDT overflows, it will drive an output RESET HIGH pulse at the RST pin.

## Using the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 14-bit counter overflows when it reaches 16383 (3FFFH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 16383 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse duration is  $98 \times T_{OSC}$ , where  $T_{OSC} = 1/F_{OSC}$ . To make the best use of the WDT, it

**AT89S51**



should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

## WDT During Power-down and Idle

In Power-down mode the oscillator stops, which means the WDT also stops. While in Power-down mode, the user does not need to service the WDT. There are two methods of exiting Power-down mode: by a hardware reset or via a level-activated external interrupt, which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited with hardware reset, servicing the WDT should occur as it normally does whenever the AT89S51 is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The interrupt is held low long enough for the oscillator to stabilize. When the interrupt is brought high, the interrupt is serviced. To prevent the WDT from resetting the device while the interrupt pin is held low, the WDT is not started until the interrupt is pulled high. It is suggested that the WDT be reset during the interrupt service for the interrupt used to exit Power-down mode.

To ensure that the WDT does not overflow within a few states of exiting Power-down, it is best to reset the WDT just before entering Power-down mode.

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from resetting the AT89S51 while in IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

With WDIDLE bit enabled, the WDT will stop to count in IDLE mode and resumes the count upon exit from IDLE.

## UART

The UART in the AT89S51 operates the same way as the UART in the AT89C51. For further information on the UART operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

## Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S51 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51. For further information on the timers' operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

## Interrupts

The AT89S51 has a total of five interrupt vectors: two external interrupts ( $\overline{\text{INT0}}$  and  $\overline{\text{INT1}}$ ), two timer interrupts (Timers 0 and 1), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 1.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 4 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89S51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle





Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

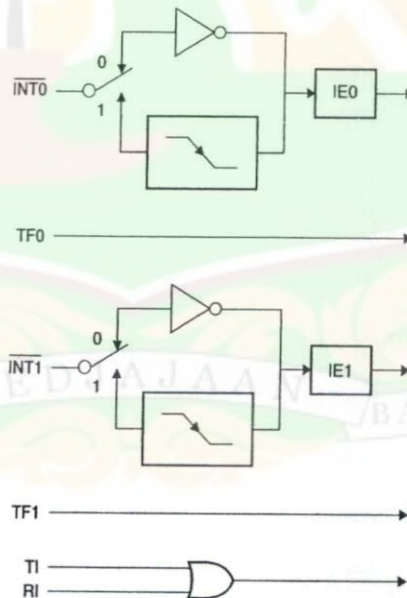
(MSB)				(LSB)			
EA	–	–	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.  
Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
–	IE.6	Reserved
–	IE.5	Reserved
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit

User software should never write 1s to reserved bits, because they may be used in future AT89 products.

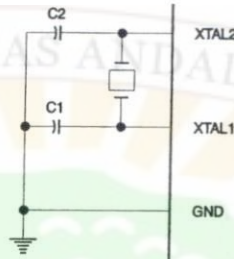
Figure 1. Interrupt Sources



## Oscillator Characteristics

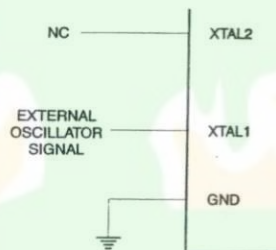
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 3. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

**Figure 2.** Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF  $\pm$  10 pF for Crystals = 40 pF  $\pm$  10 pF for Ceramic Resonators

**Figure 3.** External Clock Drive Configuration



## Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special function registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

## Power-down Mode

In the Power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes Power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power-down mode is terminated. Exit from Power-down mode can be initiated either by a hardware reset or by activation of an enabled external interrupt into INT0 or INT1. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before  $V_{CC}$  is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.





**Table 5.** Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

## Program Memory Lock Bits

The AT89S51 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

**Table 6.** Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the  $\overline{EA}$  pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of  $\overline{EA}$  must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

## Programming the Flash – Parallel Mode

The AT89S51 is shipped with the on-chip Flash memory array ready to be programmed. The programming interface needs a high-voltage (12-volt) program enable signal and is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89S51 code memory array is programmed byte-by-byte.

**Programming Algorithm:** Before programming the AT89S51, the address, data, and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 13 and 14. To program the AT89S51, take the following steps:

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise  $\overline{EA}/V_{PP}$  to 12V.
5. Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 50  $\mu$ s. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**Data Polling:** The AT89S51 features Data Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.



**Ready/Busy:** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The status of the individual lock bits can be verified directly by reading them back.

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel  
(100H) = 51H indicates 89S51  
(200H) = 06H

**Chip Erase:** In the parallel programming mode, a chip erase operation is initiated by using the proper combination of control signals and by pulsing ALE/PROG low for a duration of 200 ns - 500 ns.

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 500 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data output.

The Code memory array can be programmed using the serial ISP interface while RST is pulled to  $V_{CC}$ . The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before other operations can be executed. Before a reprogramming sequence can occur, a Chip Erase operation is required.

The Chip Erase operation turns the content of every memory location in the Code array into FFH.

Either an external system clock can be supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

To program and verify the AT89S51 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:  
Apply power between VCC and GND pins.  
Set RST pin to "H".  
If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.
3. The Code array is programmed one byte at a time in either the Byte or Page mode. The write cycle is self-timed and typically takes less than 0.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction that returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.

## Programming the Flash – Serial Mode

## Serial Programming Algorithm







Power-off sequence (if needed):

Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).

Set RST to "L".

Turn  $V_{CC}$  power off.

**Data Polling:** The Data Polling feature is also available in the serial mode. In this mode, during a write cycle an attempted read of the last byte written will result in the complement of the MSB of the serial output byte on MISO.

## Serial Programming Instruction Set

The Instruction Set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 8 on page 18.

## Programming Interface – Parallel Mode

Every code byte in the Flash array can be programmed by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

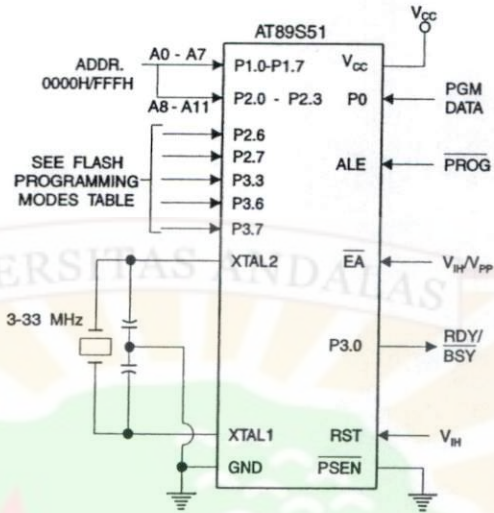
All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 7. Flash Programming Modes

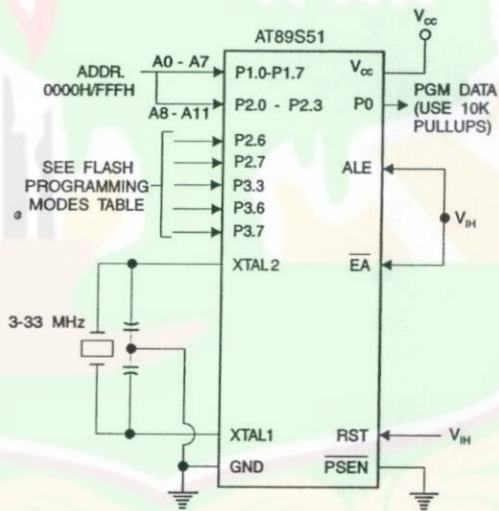
Mode	$V_{CC}$	RST	$\overline{PSEN}$	$\overline{ALE}/$ $\overline{PROG}$	$\overline{EA}/$ $V_{PP}$	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.3-0	P1.7-0
												Address	
Write Code Data	5V	H	L	(2)	12V	L	H	H	H	H	$D_{IN}$	A11-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	$D_{OUT}$	A11-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L	(3)	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L	(3)	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L	(3)	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 1, 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L	(1)	12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Read Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	51H	0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	0010	00H

- Notes:
1. Each  $\overline{PROG}$  pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
  2. Each  $\overline{PROG}$  pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
  3. Each  $\overline{PROG}$  pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
  4.  $\overline{RDY/BSY}$  signal is output on P3.0 during programming.
  5. X = don't care.

**Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)**



**Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)**







## Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

$T_A = 20^\circ\text{C}$  to  $30^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.5$  to  $5.5\text{V}$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}$	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}$	Programming Supply Current		10	mA
$I_{CC}$	$V_{CC}$ Supply Current		30	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
$t_{AVGL}$	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{GHAX}$	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{DVGL}$	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{GHDX}$	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{EHS}$	P2.7 ( $\overline{\text{ENABLE}}$ ) High to $V_{PP}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{SHGL}$	$V_{PP}$ Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		$\mu\text{s}$
$t_{GHSL}$	$V_{PP}$ Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		$\mu\text{s}$
$t_{GLGH}$	$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	$\mu\text{s}$
$t_{AVQV}$	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{ELQV}$	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{EHQZ}$	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
$t_{GHBL}$	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	$\mu\text{s}$
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		50	$\mu\text{s}$

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

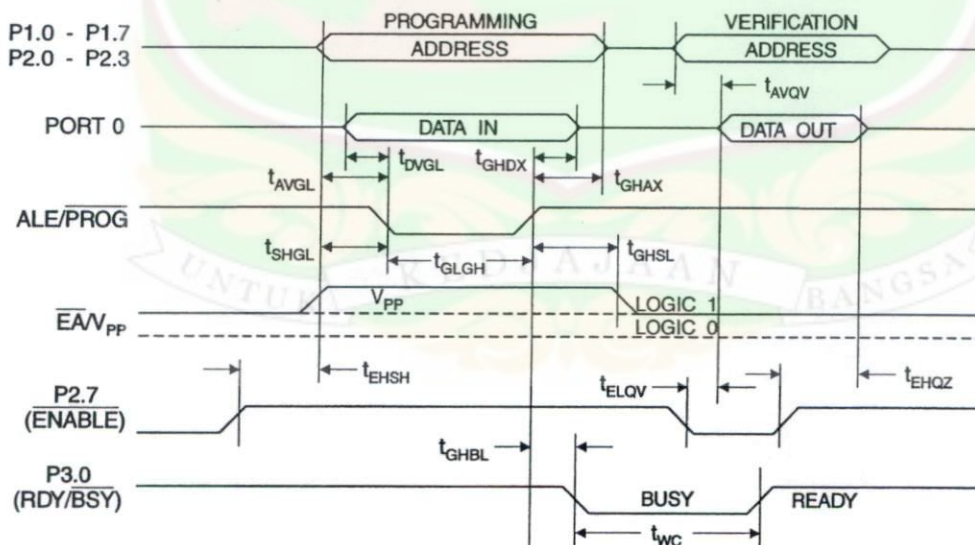
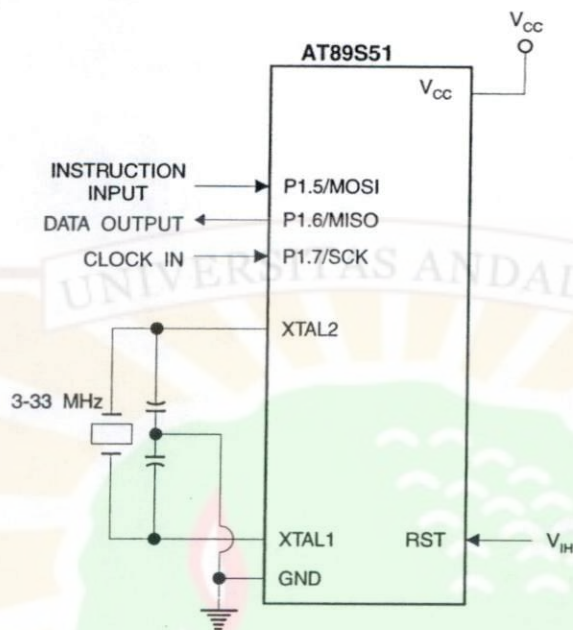


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms

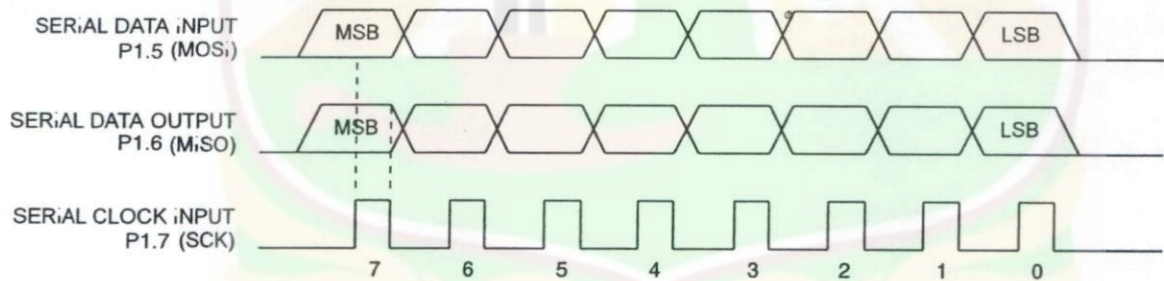






Table 8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits <sup>(2)</sup>	1010 1100	1110 00 B1 B0	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx B3 B2 B1 B0 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes <sup>(1)</sup>	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1	A0 xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

- Notes:
1. The signature bytes are not readable in Lock Bit Modes 3 and 4.
  2. B1 = 0, B2 = 0 → Mode 1, no lock protection  
B1 = 0, B2 = 1 → Mode 2, lock bit 1 activated  
B1 = 1, B2 = 0 → Mode 3, lock bit 2 activated  
B1 = 1, B2 = 1 → Mode 4, lock bit 3 activated
- Each of the lock bits needs to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.

After Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 system clocks before it goes high to clock in the enable data bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at XTAL1.

For Page Read/Write, the data always starts from byte 0 to 255. After the command byte and upper address byte are latched, each byte thereafter is treated as data until all 256 bytes are shifted in/out. Then the next instruction will be ready to be decoded.

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

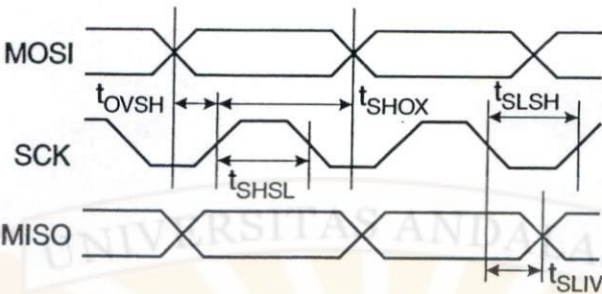


Table 9. Serial Programming Characteristics,  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$  (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency	0		33	MHz
$t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Period	30			ns
$t_{\text{SHSL}}$	SCK Pulse Width High	$8 t_{\text{CLCL}}$			ns
$t_{\text{SLSH}}$	SCK Pulse Width Low	$8 t_{\text{CLCL}}$			ns
$t_{\text{OVSH}}$	MOSI Setup to SCK High	$t_{\text{CLCL}}$			ns
$t_{\text{SHOX}}$	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{\text{CLCL}}$			ns
$t_{\text{SLIV}}$	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
$t_{\text{ERASE}}$	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
$t_{\text{SWC}}$	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{\text{CLCL}} + 400$	$\mu\text{s}$





Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground .....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage .....	6.6V
DC Output Current.....	15.0 mA

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for T<sub>A</sub> = -40°C to 85°C and V<sub>CC</sub> = 4.0V to 5.5V, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage	(Except E <sub>A</sub> )	-0.5	0.2 V <sub>CC</sub> -0.1	V
V <sub>IL1</sub>	Input Low Voltage (E <sub>A</sub> )		-0.5	0.2 V <sub>CC</sub> -0.3	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V <sub>CC</sub> +0.9	V <sub>CC</sub> +0.5	V
V <sub>IH1</sub>	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> +0.5	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	I <sub>OL</sub> = 1.6 mA		0.45	V
V <sub>OL1</sub>	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, PSEN)	I <sub>OL</sub> = 3.2 mA		0.45	V
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	I <sub>OH</sub> = -60 µA, V <sub>CC</sub> = 5V ± 10%	2.4		V
		I <sub>OH</sub> = -25 µA	0.75 V <sub>CC</sub>		V
		I <sub>OH</sub> = -10 µA	0.9 V <sub>CC</sub>		V °
V <sub>OH1</sub>	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I <sub>OH</sub> = -800 µA, V <sub>CC</sub> = 5V ± 10%	2.4		V
		I <sub>OH</sub> = -300 µA	0.75 V <sub>CC</sub>		V
		I <sub>OH</sub> = -80 µA	0.9 V <sub>CC</sub>		V
I <sub>IL</sub>	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V <sub>IN</sub> = 0.45V		-50	µA
I <sub>TL</sub>	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V <sub>IN</sub> = 2V, V <sub>CC</sub> = 5V ± 10%		-650	µA
I <sub>LI</sub>	Input Leakage Current (Port 0, E <sub>A</sub> )	0.45 < V <sub>IN</sub> < V <sub>CC</sub>		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C <sub>IO</sub>	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T <sub>A</sub> = 25°C		10	pF
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode <sup>(2)</sup>	V <sub>CC</sub> = 5.5V		50	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I<sub>OL</sub> must be externally limited as follows:  
Maximum I<sub>OL</sub> per port pin: 10 mA  
Maximum I<sub>OL</sub> per 8-bit port:  
Port 0: 26 mA      Ports 1, 2, 3: 15 mA  
Maximum total I<sub>OL</sub> for all output pins: 71 mA  
If I<sub>OL</sub> exceeds the test condition, V<sub>OL</sub> may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.  
2. Minimum V<sub>CC</sub> for Power-down is 2V.

# AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ , and  $\overline{\text{PSEN}}$  = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

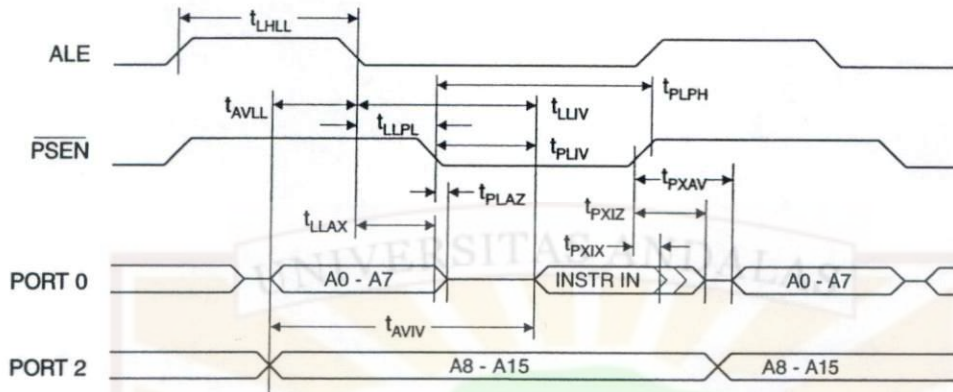
## External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
$t_{\text{LHLL}}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
$t_{\text{AVLL}}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{LAX}}$	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{LLIV}}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
$t_{\text{LLPL}}$	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{PLPH}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-45$		ns
$t_{\text{PLIV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-60$	ns
$t_{\text{PXIX}}$	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
$t_{\text{PXIZ}}$	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-25$	ns
$t_{\text{PXAV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
$t_{\text{AVIV}}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-80$	ns
$t_{\text{PLAZ}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
$t_{\text{RLRH}}$	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{WLWH}}$	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{RLDV}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
$t_{\text{RHDZ}}$	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
$t_{\text{RHDZ}}$	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
$t_{\text{LDV}}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
$t_{\text{VDV}}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
$t_{\text{LWL}}$	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
$t_{\text{VWL}}$	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
$t_{\text{VWX}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-30$		ns
$t_{\text{VWH}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-130$		ns
$t_{\text{HQX}}$	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{LAZ}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
$t_{\text{HLH}}$	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-25$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

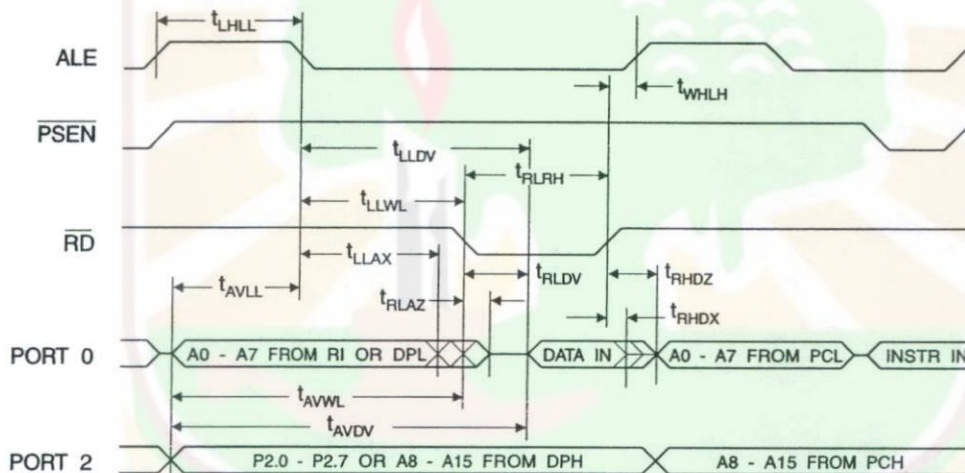




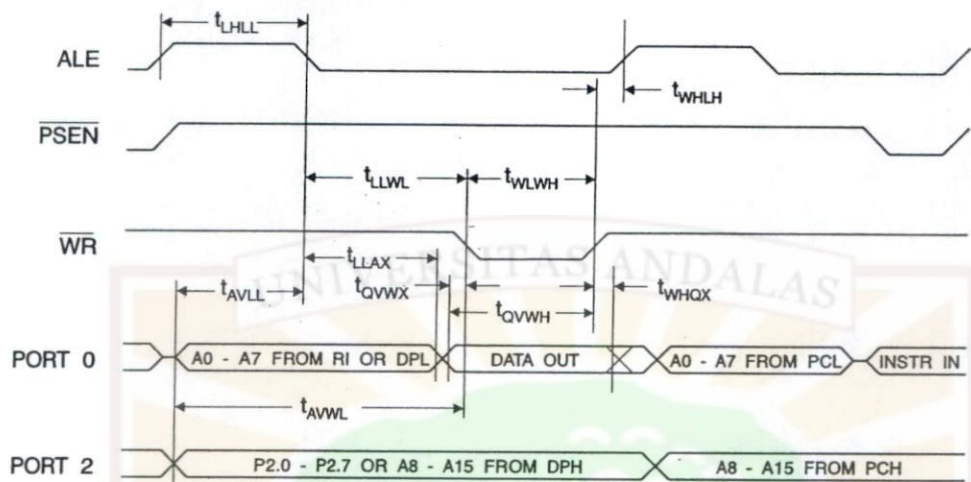
## External Program Memory Read Cycle



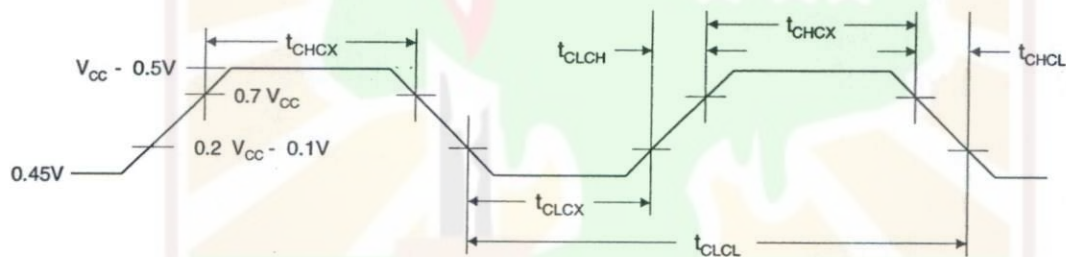
## External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	33	MHz
$t_{CLCL}$	Clock Period	30		ns
$t_{CHCX}$	High Time	12		ns
$t_{CLCX}$	Low Time	12		ns
$t_{CLCH}$	Rise Time		5	ns
$t_{CHCL}$	Fall Time		5	ns





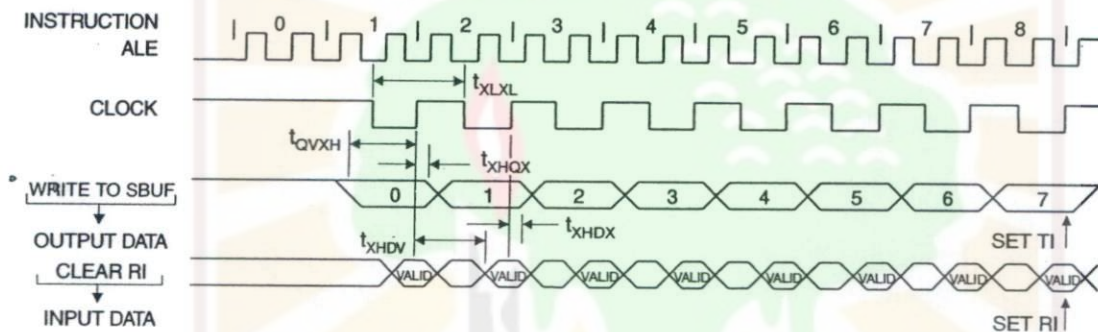


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

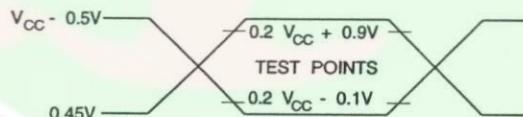
The values in this table are valid for  $V_{CC} = 4.0V$  to  $5.5V$  and Load Capacitance =  $80\text{ pF}$ .

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{XLXL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu s$
$t_{QVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{XHGX}$	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-80$		ns
$t_{XHDX}$	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{XHDV}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

## Shift Register Mode Timing Waveforms

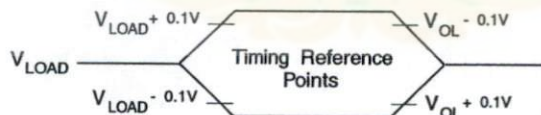


## AC Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup>



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at  $V_{CC} - 0.5V$  for a logic 1 and  $0.45V$  for a logic 0. Timing measurements are made at  $V_{IH}$  min. for a logic 1 and  $V_{IL}$  max. for a logic 0.


## Float Waveforms<sup>(1)</sup>

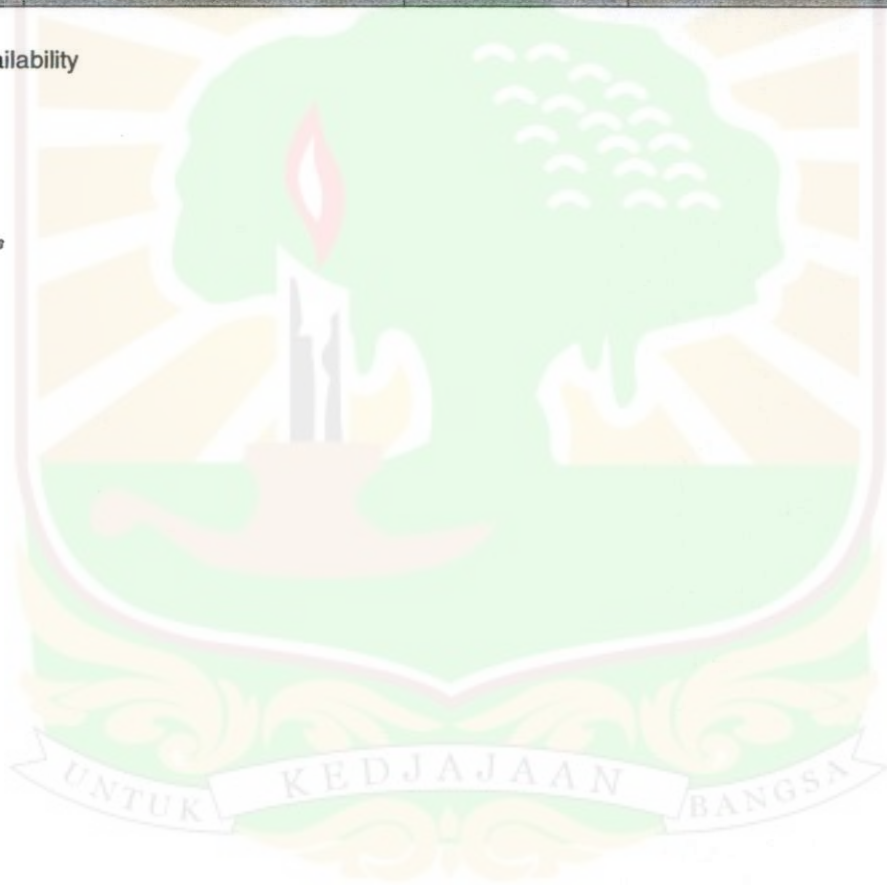


Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a  $100\text{ mV}$  change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a  $100\text{ mV}$  change from the loaded  $V_{OH}/V_{OL}$  level occurs.

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89S51-24JC	44J	
		AT89S51-24PC	40P6	
		AT89S51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89S51-24JI	44J	
		AT89S51-24PI	40P6	
33	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89S51-33JC	44J	
		AT89S51-33PC	40P6	

 = Preliminary Availability



Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)





# 3503

## RATIOMETRIC, LINEAR HALL-EFFECT SENSORS

The UGN3503LT, UGN3503U, and UGN3503UA Hall-effect sensors accurately track extremely small changes in magnetic flux density—changes generally too small to operate Hall-effect switches.

As motion detectors, gear tooth sensors, and proximity detectors, they are magnetically driven mirrors of mechanical events. As sensitive monitors of electromagnets, they can effectively measure a system's performance with negligible system loading while providing isolation from contaminated and electrically noisy environments.

Each Hall-effect integrated circuit includes a Hall sensing element, linear amplifier, and emitter-follower output stage. Problems associated with handling tiny analog signals are minimized by having the Hall cell and amplifier on a single chip.

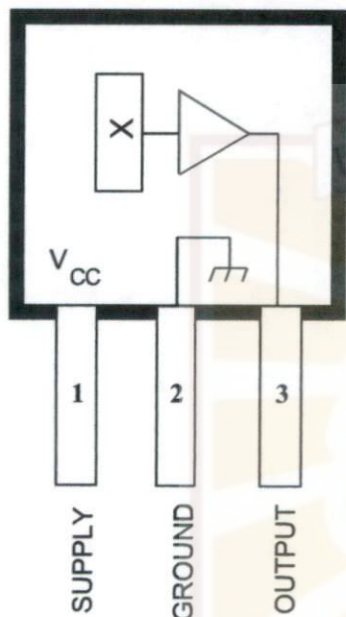
Three package styles provide a magnetically optimized package for most applications. Package suffix 'LT' is a miniature SOT-89/TO-243AA transistor package for surface-mount applications; suffix 'U' is a miniature three-lead plastic SIP, while 'UA' is a three-lead ultra-mini-SIP. All devices are rated for continuous operation over the temperature range of -20°C to +85°C.

### FEATURES

- Extremely Sensitive
- Flat Response to 23 kHz
- Low-Noise Output
- 4.5 V to 6 V Operation
- Magnetically Optimized Package

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage, $V_{CC}$	8 V
Magnetic Flux Density, B	Unlimited
Operating Temperature Range, $T_A$	-20°C to +85°C
Storage Temperature Range, $T_S$	-65°C to +150°C

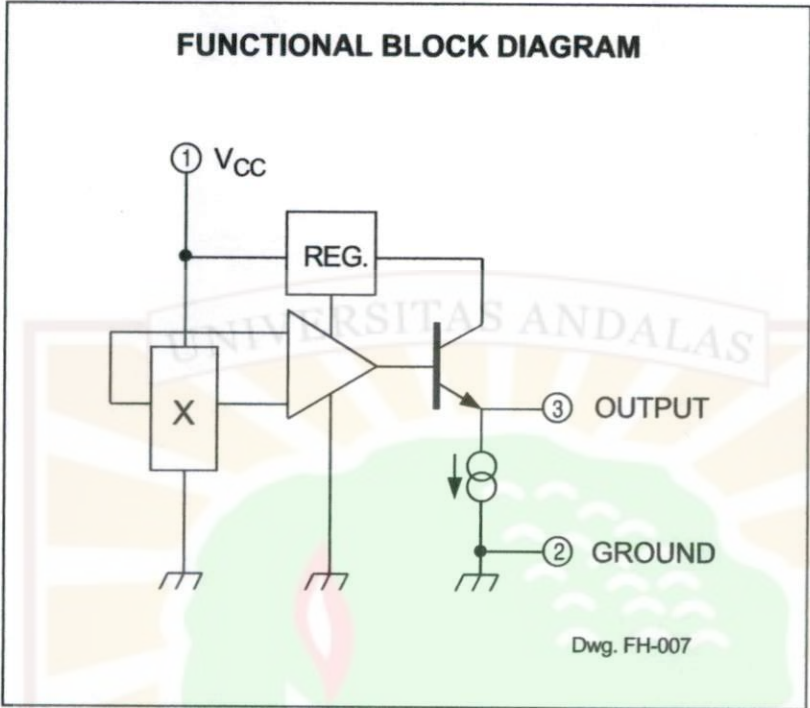


Dwg. PH-006

Pinning is shown viewed from branded side.

Always order by complete part number, e.g., **UGN3503UA**.

3503  
RATIOMETRIC,  
LINEAR  
HALL-EFFECT SENSORS



ELECTRICAL CHARACTERISTICS at  $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{ V}$

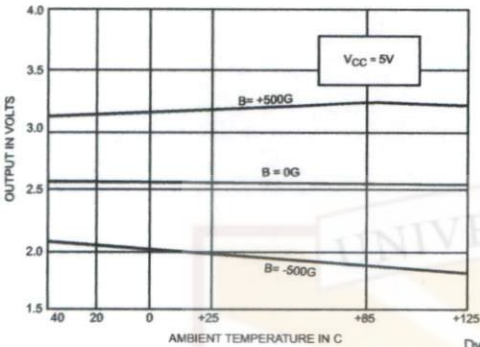
Characteristic	Symbol	Test Conditions	Limits			
			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Voltage	$V_{CC}$		4.5	—	6.0	V
Supply Current	$I_{CC}$		—	9.0	13	mA
Quiescent Output Voltage	$V_{OUT}$	$B = 0\text{ G}$	2.25	2.50	2.75	V
Sensitivity	$\Delta V_{OUT}$	$B = 0\text{ G to } \pm 900\text{ G}$	0.75	1.30	1.75	mV/G
Bandwidth (-3 dB)	BW		—	23	—	kHz
Broadband Output Noise	$V_{out}$	$BW = 10\text{ Hz to } 10\text{ kHz}$	—	90	—	$\mu\text{V}$
Output Resistance	$R_{OUT}$		—	50	220	$\Omega$

All output-voltage measurements are made with a voltmeter having an input impedance of at least 10 k $\Omega$ .  
Magnetic flux density is measured at most sensitive area of device located 0.016" (0.41 mm) below the branded face of the 'U' package; 0.020" (0.51 mm) below the branded face of the 'UA' package; and 0.030" (0.76 mm) below the branded face of the 'LT' package.



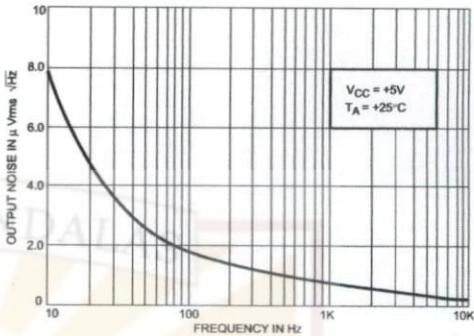
**3503**  
**RATIOMETRIC,**  
**LINEAR**  
**HALL-EFFECT SENSORS**

**OUTPUT VOLTAGE AS A  
FUNCTION OF TEMPERATURE**



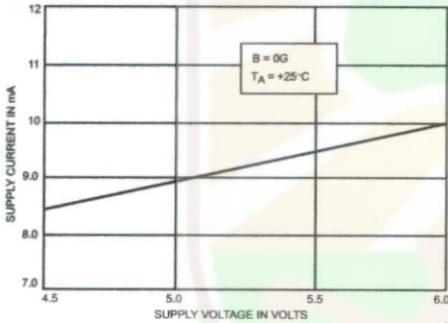
Dwg. A-12,573

**OUTPUT NOISE AS A  
FUNCTION OF FREQUENCY**



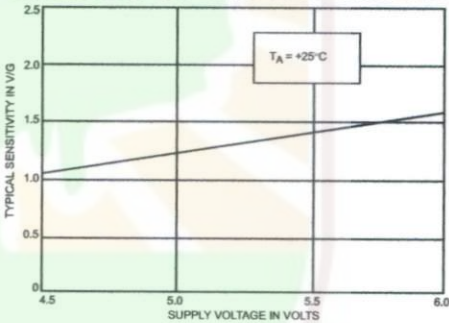
Dwg. A-12,505

**SUPPLY CURRENT AS A  
FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE**



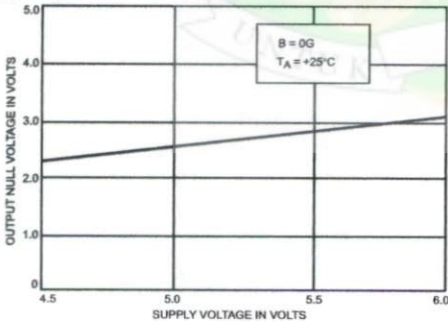
Dwg. A-12,506

**DEVICE SENSITIVITY AS A  
FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE**



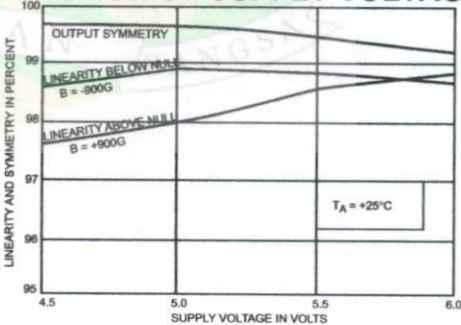
Dwg. A-12,507

**OUTPUT NULL VOLTAGE AS A  
FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE**



Dwg. A-12,508

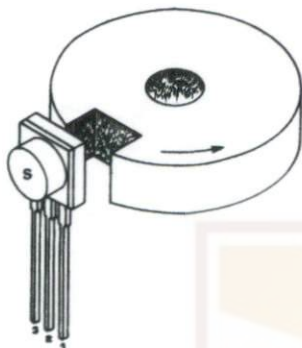
**LINEARITY AND SYMMETRY AS A  
FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE**



Dwg. A-12,509

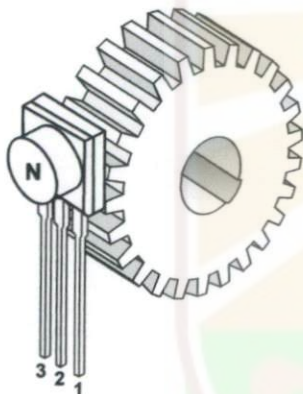
3503  
RATIOMETRIC,  
LINEAR  
HALL-EFFECT SENSORS

NOTCH SENSOR



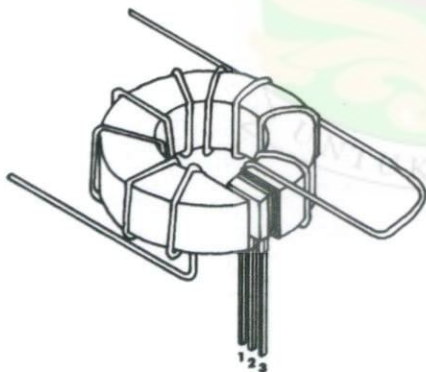
Dwg. A-12,574

GEAR TOOTH SENSOR



Dwg. A-12,512

CURRENT MONITOR



Dwg. A-12,513

OPERATION

The output null voltage ( $B = 0$  G) is nominally one-half the supply voltage. A south magnetic pole, presented to the branded face of the Hall-effect sensor will drive the output higher than the null voltage level. A north magnetic pole will drive the output below the null level.

In operation, instantaneous and proportional output-voltage levels are dependent on magnetic flux density at the most sensitive area of the device. Greatest sensitivity is obtained with a supply voltage of 6 V, but at the cost of increased supply current and a slight loss of output symmetry. The sensor's output is usually capacitively coupled to an amplifier that boosts the output above the millivolt level.

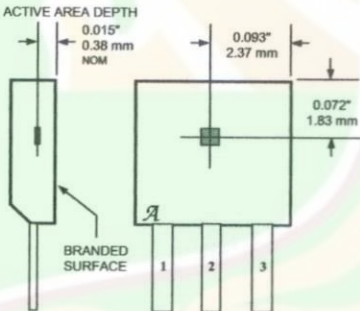
In two applications shown, a permanent bias magnet is attached with epoxy glue to the back of the epoxy package. The presence of ferrous material at the face of the package acts as a flux concentrator.

The south pole of a magnet is attached to the back of the package if the Hall-effect IC is to sense the presence of ferrous material. The north pole of a magnet is attached to the back surface if the integrated circuit is to sense the absence of ferrous material.

Calibrated linear Hall devices, which can be used to determine the actual flux density presented to the sensor in a particular application, are available.

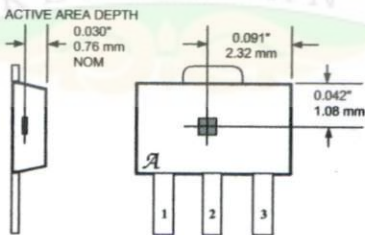
SENSOR LOCATIONS

SUFFIX "U"



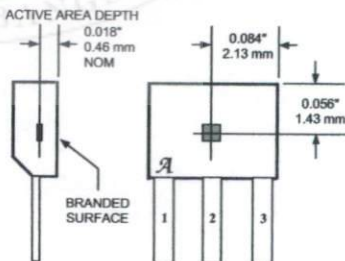
Dwg. MH-002-5C

SUFFIX "LT"



Dwg. MH-008-9

SUFFIX "UA"



Dwg. MH-011-3C

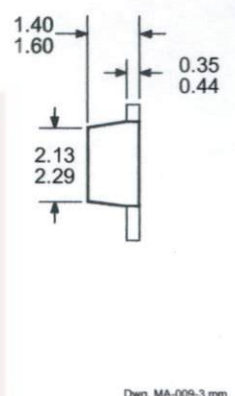
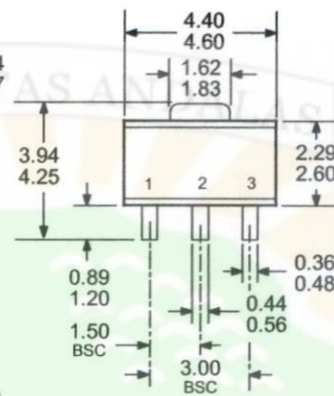
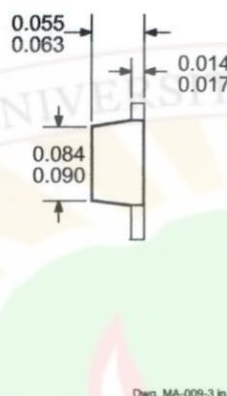
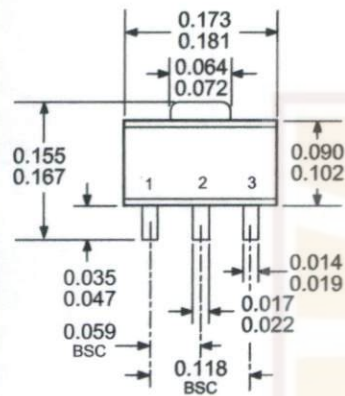


# 3503 RATIOMETRIC, LINEAR HALL-EFFECT SENSORS

## UGN3503LT (SOT-89/TO-243AA)

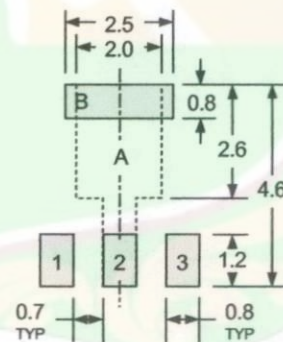
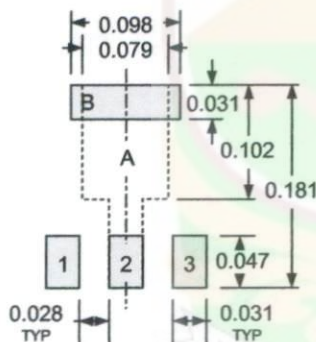
Dimensions in Inches  
(for reference only)

Dimensions in Millimeters  
(controlling dimensions)



Dwg. MA-009-3 in

Dwg. MA-009-3 mm



Pads 1, 2, 3, and A — Standard SOT-89 Layout  
Pads 1, 2, 3, and B — Low-Stress Version  
Pads 1, 2, and 3 only — Lowest Stress, But Not Self Aligning

Pads 1, 2, 3, and A — Standard SOT-89 Layout  
Pads 1, 2, 3, and B — Low-Stress Version  
Pads 1, 2, and 3 only — Lowest Stress, But Not Self Aligning

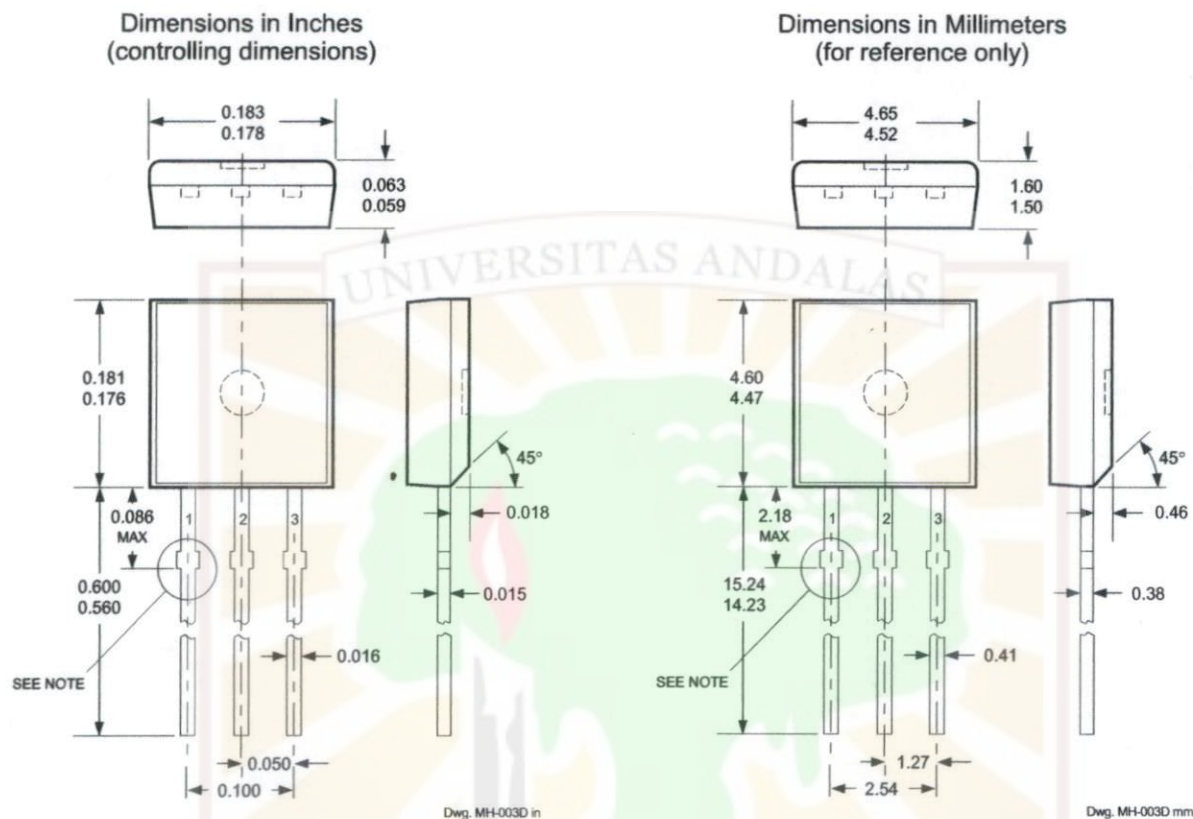
Dwg. MA-012-3 in

Dwg. MA-012-3 mm

NOTE: Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.

# 3503 RATIOMETRIC, LINEAR HALL-EFFECT SENSORS

## UGN3503U



Devices in the 'U' package are  
NOT RECOMMENDED FOR NEW DESIGN

- NOTES:
1. Tolerances on package height and width represent allowable mold offsets. Dimensions given are measured at the widest point (parting line).
  2. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.
  3. Height does not include mold gate flash.
  4. Recommended minimum PWB hole diameter to clear transition area is 0.035" (0.89 mm).
  5. Minimum lead length was 0.500" (12.70 mm). If existing product to the original specifications is not acceptable, contact sales office before ordering.

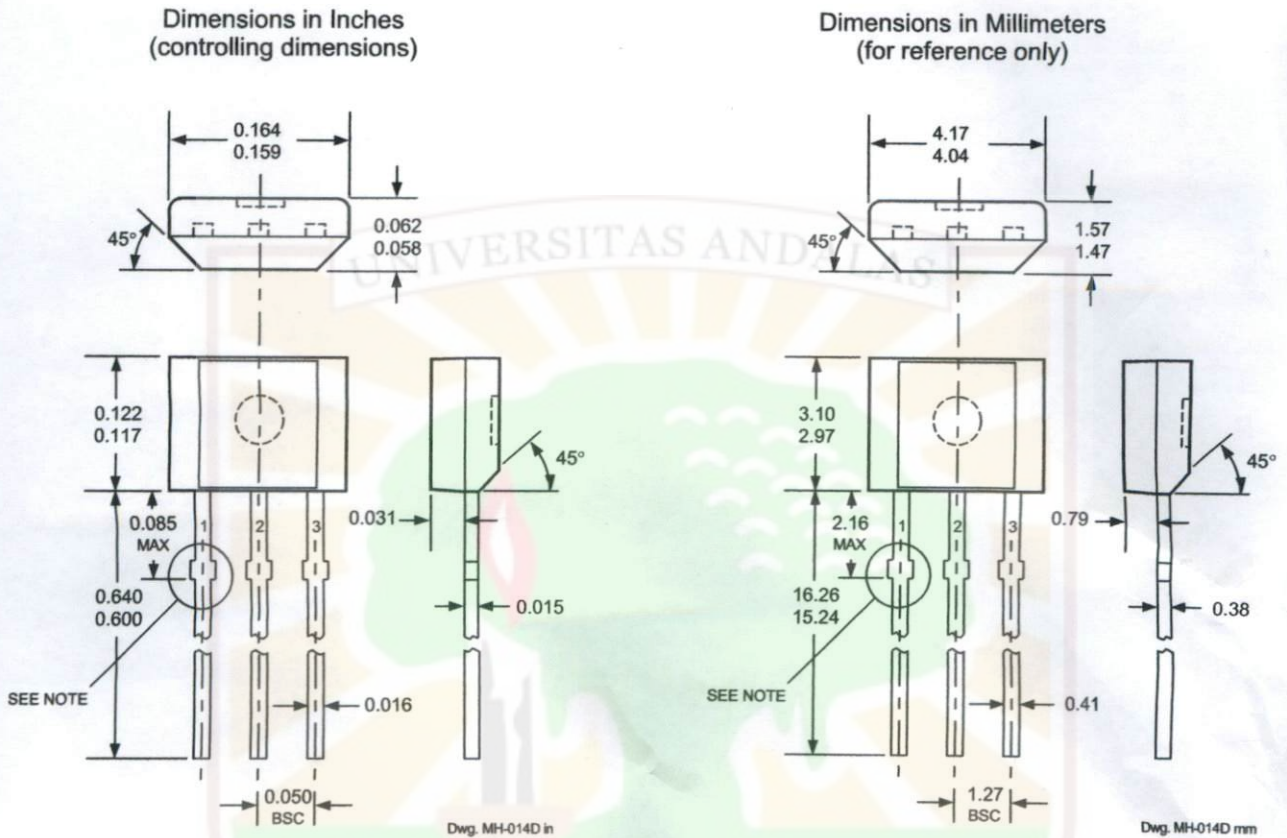


115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000



**3503**  
**RATIOMETRIC,**  
**LINEAR**  
**HALL-EFFECT SENSORS**

UGN3503UA



- NOTES:
1. Tolerances on package height and width represent allowable mold offsets. Dimensions given are measured at the widest point (parting line).
  2. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.
  3. Height does not include mold gate flash.
  4. Minimum lead length was 0.500" (12.70 mm). If existing product to the original specifications is not acceptable, contact sales office before ordering.

**3503**  
**RATIOMETRIC,**  
**LINEAR**  
**HALL-EFFECT SENSORS**



*Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the design of its products.*

*The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use.*



115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000